

# EFEITO DA CRIOCONCENTRAÇÃO SOBRE O TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM MOSTOS INDUSTRIAIS DE MAÇÃS

## EFFECT OF CRYOCONCENTRATION IN TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS OF INDUSTRIAL APPLE MUST

**Flávia Villas Boas Wiecheteck<sup>1</sup>, Alessandro Nogueira<sup>2</sup>,  
Jean-Françoise Drilleau<sup>3</sup>, Gilvan Wosiacki<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Departamento de Engenharia de Alimentos, PIBIC/CNPq/UEPG, Campus em Uvaranas, Ponta Grossa, PR

<sup>2</sup> Autor para contato: Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Campus em Uvaranas, Ponta Grossa, PR, Brasil; (42) 3220-3093; e-mail: alessandronog@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisa Agronômica (INRA), França

<sup>4</sup> Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Departamento de Engenharia de Alimentos, Campus em Uvaranas, Ponta Grossa, PR

*Recebido para publicação em 04/10/2004*

*Aceito para publicação em 20/12/2004*

### RESUMO

A sidra brasileira, bebida fermentada de mosto de maçãs comerciais, é um produto gaseificado, com baixo grau alcoólico e de baixa qualidade. Difere da francesa, de elevada qualidade, produzida com cultivares de maçãs exclusivas para indústria, com características de acidez e adstringência, atributos que contribuem com o “corpo” da bebida e garantem sua qualidade final. O trabalho objetivou avaliar o processo de crioconcentração para elevar o teor de fenóis no mosto e analisar sua evolução durante o processamento da sidra. Maçãs Fuji foram processadas em nível de bancada e, para acentuar as características de acidez e adstringência o mosto foi crioconcentrado duas vezes, sendo monitorado pelos sólidos solúveis totais, na presença e ausência de enzimas pectinolíticas. Foram feitas as análises de fenóis e acidez totais, pH, açúcares redutores e totais, número de formol, nitrogênio total, cinzas, cálcio, cor e grau alcoólico. O crescimento de leveduras foi acompanhado por contagem em câmara de Neubauer. Os resultados indicaram uma relação direta da concentração do mosto com os teores de compostos fenólicos. O processo de despectinização causou uma diminuição nos teores de compostos fenólicos embora os mostos concentrados tenham apresentado o dobro quando em comparação com o mosto não concentrado. A fermentação do mosto concentrado foi conduzida até a exaustão dos açúcares e as perdas de compostos fenólicos com a retirada das leveduras pelo método de filtração foram significativas. Conclui-se que o método de crioconcentração foi eficiente no aumento do teor de fenóis, tendo sido conseguido um mosto semelhante àquele obtido com maçãs industriais.

Palavras-chave: crioconcentração, compostos fenólicos, maçãs, sidra

## ABSTRACT

Brazilian cider, a fermented drink obtained from apple must, is made from disqualified commercial fruits. It is a low quality sparkling beverage with a low alcohol level and is quite different from French cider, a high quality product made from suitable raw material proceeding from industrial apples, which have acidity and astringent features that contribute to the “thickness” of the beverage. This work has been done with the purpose of improving the quality of Brazilian cider, using must with similar properties to those used in the French cider manufacture. Fuji apples were processed in a laboratory and in order to increase the acidity and the astringency features, the must, treated with pectinase or not, was cryoconcentrated twice. This process was monitored concerning total soluble solid (°Brix), and an analysis was made in order to establish total phenolic compounds, total acid, pH, total sugar, reducing sugars, total nitrogen, ash, calcium, color and alcohol degree. The growth of yeasts was followed by counting them in a Neubauer chamber. The results showed a straight relationship between the must concentration and the phenolic compounds. However, after the enzymatic process, the level of phenolic compounds decreased, but even so, in the concentrated must treated with enzymes there were twice as much phenolic compounds when compared to non-concentrated must. It was concluded that the cryoconcentration method was efficient in increasing the content of phenolic compounds, and the result was a must similar to the one obtained from industrial apples, but in which commercial apples were used.

Key words: cryoconcentration, phenolic compound, apple, cider

### 1. Introdução

A cultura da maçã no Brasil, iniciada na década de 70 na Região Sul, após trinta anos atinge a produção de 1.000.000 ton/ano com apenas duas cultivares importantes, a Gala e Fuji, com 55% e 43% de participação, respectivamente (ABPM, 2004). No processo de beneficiamento visando atender o comércio consumidor de frutas *in natura* as maçãs portadoras de doenças, deformidades, cicatrizes oriundas de tratamentos fitossanitários, de granizo, da colheita e de insetos e tamanhos irregulares são encaminhadas a indústria de processamento. O beneficiamento criterioso pode levar a uma queda de até 30% da produção geral sendo que, via de regra, 20% ainda podem ser utilizadas como matéria-prima de boa qualidade (<sup>1</sup> Paganini, *et al.*, 2005). Como forma de agregar valor a essas frutas foi implantada no Brasil, no início dos anos 50, a fabricação de sidra, uma bebida provenien-

te da fermentação do mosto de maçãs, com baixo grau alcoólico e gaseificada (Nogueira, 2003).

Entretanto o consumo da sidra não é observado durante o decorrer do ano e está curiosamente concentrado nas festas de final de ano como Natal e Ano Novo competindo com o champanha, produto com maior qualidade e preço mais elevado. Um dos principais fatores responsáveis pelo baixo consumo da sidra, mesmo ela tendo um baixo custo, é a baixa qualidade, principalmente quando comparada aos produtos estrangeiros, em especial ao francês, que é produzido com cultivares específicos para processamento industrial, com características de acidez, amertume e adstringência que proporcionam o “corpo da sidra” e assim melhoram sua qualidade final (Nogueira, *et al.*, 2003).

Os compostos fenólicos estão relacionados aos princípios amargos da maçã e compreendem os ácidos clorogênicos e seus ésteres, entre muitos outros

<sup>1</sup> Paganini, C.; Nogueira, A.; Dernardi, F.; Wosiacki, G. Aptidão industrial de seis cultivares de maçãs (dados da safra 2001/2002). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 2005. (*in press*)

componentes, sendo os resultados de suas análises expressos como catequinas em ppm (Wosiacki *et al.*, 2004). Os polifenóis de (-)-epicatequina, os procianidóis, são compostos importantes nas maçãs para sidra, tanto em quantidade, podendo representar até 90% dos compostos fenólicos de alguns cultivares (Sanoner, *et al.*, 1999), quanto em função tecnológica, uma vez que estão implicados com turbidez, colagem e inibição enzimática. Além disso, os compostos fenólicos têm demonstrado sua importância face às influências em outras características sensoriais, como a cor, formação de certos aromas e a capacidade antioxidante que contribui para a proteção dos efeitos prejudiciais ocasionados pelo *stress* oxidativo sobre a saúde (Shahidi e Naczk, 1995; Nogueira, 2003).

O teor médio de compostos fenólicos nas maçãs brasileiras é de 300 ppm de catequinas, baixo quando comparado às maçãs industriais européias que podem alcançar 7000 ppm de catequinas (Nogueira, *et al.*, 2004; Sanoner, *et al.*, 1999). Desta forma, o trabalho objetivou avaliar o processo de crioconcentração do mosto como forma de elevar os teores de compostos fenólicos.

## 2. Materiais e métodos

**Materiais.** Amostras de 10 kg da cultivar Fuji foram adquiridas no comércio local de Ponta Grossa. Os fermentadores consistiram de frascos erlenmeyer de 250 mL, com batoques e previamente esterilizados. Os reagentes químicos utilizados foram de padrão pró-análise. As enzimas pectinolíticas foram doadas pela NOVOZYMES do Brasil (Pectinex, 100L, Batch 120137 L).

**Métodos.** Foram realizados dois experimentos, o primeiro para avaliar o ganho de compostos fenólicos com o processo de crioconcentração, e o segundo para analisar o comportamento fermentativo neste mosto durante o processo considerado normal e outro, mais lento por retirada parcial da biomassa.

**Primeiro experimento.** Maçãs da cultivar Fuji foram lavadas, trituradas em processador e prensadas por 5 minutos a 3 kg/cm<sup>2</sup>. O mosto obtido foi tratado com enzima pectinase 3 mL/hL (Pectinex 3XL

NOVOZYMES do Brasil), com exceção de uma parcela mantida como controle. Um volume de 500 mL de mosto foi adicionado em formas de alumínio de 27 x 18 cm. As formas foram sobrepostas e isoladas por placas de isopor, com espessura de 1 cm e mantidas durante 2 dias no congelador a -18°C (Congelador Cônsul, Contest 28). Após este período, o mosto congelado foi centrifugado durante 1 minuto a 325,9 x g (Centrífuga de Roupas Mueller Soft 1.8). O líquido recuperado, aproximadamente 150 mL, foi analisado considerando os sólidos solúveis e corrigido conforme a concentração desejada (duas ou três vezes). Nesta etapa foram realizadas as análises de açúcares totais, acidez total e fenóis totais segundo Tanner & Brunner (1985), IAL (1976) e Baron *et al.* (1977).

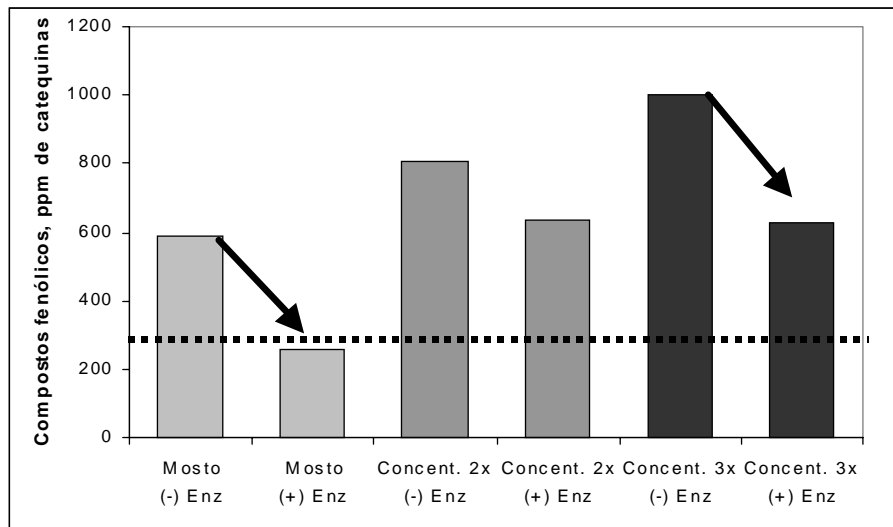
**Segundo experimento.** As maçãs foram igualmente processadas, porém o mosto obtido após a prensagem foi congelado devido ao elevado volume. Para o processo de concentração (2 vezes), o mosto foi descongelado e então despectinizado com adição de enzima pectinase na concentração de 3mL/hL para a realização da crioconcentração. O mosto concentrado foi fermentado e comparado com o mosto normal. Em um outro fermentador foi avaliada a eliminação de biomassa durante a fermentação do mosto concentrado. Os fermentadores consistiram de erlenmeyers de 250 mL com batoques previamente esterilizados em autoclave (Autoclave vertical- Phoenix Eq. Científicos, mod AV75). Os mostos foram inoculados com levedura *Saccharomyces cerevisiae* (UVAFERMCK-Danstar Ferment AG, Dinamarca), na concentração de 20 g/hL, re-hidratada em solução de glicose 3% (D-glicose Anidra PA-ACS), durante 20 minutos obtendo-se uma população inicial de 1,0x10<sup>6</sup> ufc/mL. Para a coleta de amostras durante a fermentação, o mosto era agitado por 5 minutos e alíquotas de 50 mL eram retiradas para realização da contagem de leveduras, e em seguida centrifugados a 3400 rpm (Centrífuga Celm, modelo Combate, série 3548,) durante 20 minutos para eliminação de biomassa e congeladas (-18°C) para posterior análises. As técnicas analíticas feitas antes e após as fermentações foram açúcares redutores, açúcares redutores totais, compostos fenólicos, acidez total, pH, nitrogênio total, número de formol, cinzas, cálcio e cor foram descritas por Tanner & Brunner (1985), IAL (1976) e Baron *et al.* (1977). A glicose foi determi-

nada pelo método enzimático colorimétrico (Gold Analisa Diagnóstica, Glicose-pp, cat 134e). A sacarose e frutose foram determinadas por diferença, sendo que a primeira entre o açúcar redutor total e o açúcar redutor solúvel e a segunda entre o açúcar redutor solúvel e a glucose. O grau alcoólico foi determinado através de ebulliômetro (Ebulliômetro 3300, Metalurgia Leonardo Ltda). A contagem de células viáveis foi realizada na câmara de Neubauer (XB-K-25, SIMIC, China). As amostras para essa contagem foram diluídas em água peptonada (Peptona Bacteriológica: meio de cultura, cód. 177-2, 250 g, Biobrás S.A.) e os tubos de diluições agitados no agitador específico para tubos (Tecnal Equip. Lab., veloc. 100%). Azul de metileno (0,01% e citrato de sódio 2%) foi utilizado para a contagem das células viáveis.

Para a realização da fermentação lenta foi utilizado um fermentador de 1 litro. A eliminação de biomassa ocorreu com um dia de fermentação, através da centrifugação do fermentado durante 10 minutos. A fermentação foi re-iniciada e monitorada pela contagem de leveduras e evolução dos açúcares totais.

### 3. Resultados e Discussão

O **experimento 1** consistiu em avaliar o processo de crioconcentração na concentração de compostos fenólicos no mosto da cultivar Fuji. Na Figura 1 pode ser observado os efeitos da crioconcentração e de enzimas pectinolíticas na extração de compostos fenólicos. Os dados demonstram que quanto mais concentrado o mosto maior foi o teor de composto fenólicos. Entretanto após o processo de despectinização, importante na indústria de processamento de maçãs, o teor do mesmo diminuiu aproximadamente 20%, uma vez que parte destes compostos fica retido na parede celular que é retirada do processo (Renard, *et al.* 2001). Mesmo assim, os mostos concentrados despectinizados apresentaram o dobro de compostos fenólicos quando em comparação com o mosto original (sem concentração) tratado enzimaticamente. A linha pontilhada, na Figura 1, marca o teor médio de compostos fenólicos (300 ppm de catequinas) encontrados nos sucos de maçã brasileiros (Nogueira, *et al.* 2004).



**Figura 1** - Efeito da crioconcentração e de enzimas pectinolíticas no teor de compostos fenólicos no mosto da cv. Fuji.

A concentração do mosto por três vezes não apresentou um efeito expressivo em relação ao concentrado duas vezes (2 vezes o brix inicial), assim os trabalhos foram conduzidos apenas com o segundo. O resultado obtido com uma concentração de duas vezes na presença de enzimas pectinolíticas está apre-

sentado na Tabela 1. Neste experimento, a enzima pectinolítica permaneceu por 1 hora e todo o conteúdo foi transferido para as bandejas de crioconcentração. Foi observado que grande parte da borra ficou retida no gelo após a centrifugação. O resultado de compostos fenólicos entre o mosto e o mosto concentrado na

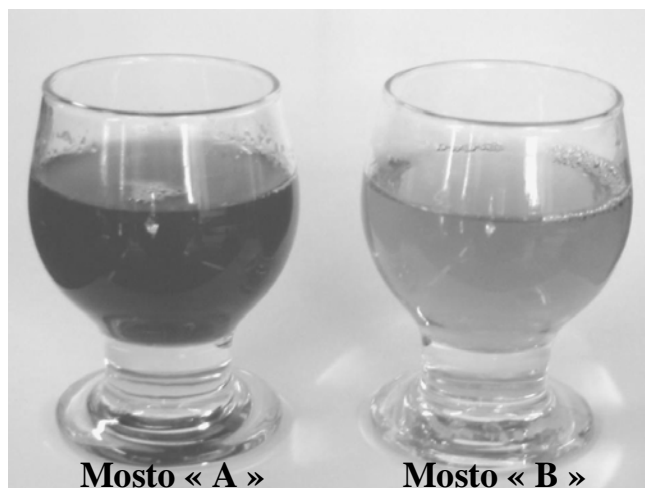
presença de enzimas foi de  $303 \pm 29,89$  e  $845 \pm 49,29$  ppm de catequinas, respectivamente, o que representa um ganho de 3 (três) vezes mais (Tabela 1). Em relação aos mostos tratados com a enzima, o concentrado teve um aumento de  $0,102$  g/100mL na acidez total

titulável, expressa por ácido málico. Os valores dos teores de sólidos solúveis totais, expresso em graus brix, apresentaram diferenças importantes em relação aos valores de açúcares totais, porém os resultados confirmam a concentração de 2 vezes (Tabela 1).

**Tabela 1** - Valores da comparação físico-química do mosto ( $13,5^\circ$ Brix) e do mosto crioconcentrado ( $22,5^\circ$ Brix) na presença e ausência de enzimas pectinolíticas, com o respectivo desvio-padrão.

Parâmetros físico-químicos	Mosto		Mosto concentrado	
	(-) Enz	(+) Enz	(-) Enz	(+) Enz
Fenóis totais, ppm de catequinas	$589,7 \pm 23,25$	$303,3 \pm 29,89$	$948,4 \pm 31,75$	$845,1 \pm 49,29$
Acidez total, g/100 mL	$0,204 \pm 0,03$	$0,176 \pm 0,01$	$0,340 \pm 0,05$	$0,278 \pm 0,01$
Açúcares redutores totais, g/100 mL	$9,5 \pm 0,15$	$10,6 \pm 0,10$	$19,5 \pm 0,11$	$18,9 \pm 0,08$
Brix	$13,5 \pm 0,16$	$13,5 \pm 0,08$	$22,5 \pm 0,10$	$22,5 \pm 0,07$

Na Figura 2 pode ser observado o efeito da crioconcentração na intensidade de cor do mosto clarificado concentrado (2 vezes) em comparação ao mosto apenas clarificado, o que justifica os valores elevados de compostos fenólicos.



**Figura 2** - Aumento da intensidade de cor no mosto concentrado e clarificado (Mosto A) em relação ao mosto normal (Mosto B).

No **experimento 2** foi avaliado o processo fermentativo do mosto concentrado. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da caracterização físico-química dos mostos com e sem a concentração, antes e após a fermentação alcoólica, a qual foi condu-

zida até a exaustão dos açúcares fermentescíveis.

O efeito do processo de crioconcentração do mosto pode ser confirmado pelo dobro do teor de açúcares; totais, solúveis, frutose, glucose e sacarose; presente no mosto inicial e no concentrado inicial. Entretanto o teor de compostos fenólicos no mosto concentrado foi baixo, devido a uma modificação no processo. Pelo fato da necessidade de um volume de 2 litros de mosto concentrado, as maçãs foram processadas e o mosto que saiu da prensa foi congelado e aos poucos foi descongelado para o processo de concentração. Entretanto, esta forma de procedimento induziu a uma importante oxidação enzimática do mosto e prejudicando assim a concentração de compostos fenólicos, ou seja, em relação a estes compostos o experimento deve ser refeito evitando este congelar e descongelar antes da crioconcentração.

A concentração da acidez apresentou um acréscimo de  $0,10$  g/100mL para o mosto concentrado inicial, em relação a testemunha. Com o decorrer da fermentação a acidez dos mostos aumentaram, sendo que os valores de pH confirmam esses resultados.

O teor de nitrogênio total não apresentou diferenças importantes com o processo de concentração,  $160 \pm 6,67$  e  $176 \pm 3,55$  mg/L no mosto e no concentrado, respectivamente. No entanto, esses resultados são considerados altos comparando-se com o valor máximo de  $150$  mg/L, obtido na literatura, sendo que

acima desse valor às leveduras não conseguem utilizar todo o nutriente o que pode influenciar na instabilidade microbiológica do produto final, principalmente quando este não é pasteurizado (Nogueira, 2003).

O teor de cinzas diminuiu de  $1,44 \pm 0,064$  mg/100mL no mosto para  $0,27 \pm 0,039$  mg/100mL no mosto concentrado. Neste estudo, o baixo teor de cinzas não influenciou no processo fermentativo, uma vez que a levedura necessita apenas de traços de minerais

no seu metabolismo. Fato este que pode ser observado na população máxima de leveduras  $6,20 \times 10^7$  e  $6,76 \times 10^7$  ufc/mL no mosto e no mosto concentrado, respectivamente (Tabela 2).

O cálcio, necessário à manutenção da estrutura das membranas e a outras partes da célula, necessita de valores inferiores a 1 micromolar (Paganini *et al.*, 2004), sendo assim, os mostos apresentaram teores suficientes deste elemento para as leveduras.

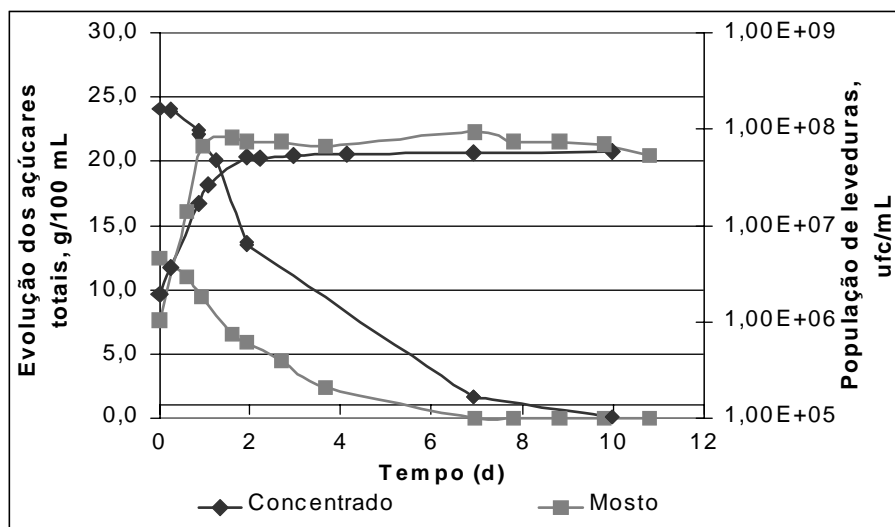
**Tabela 2-** Caracterização físico-química do mosto inicial (I), do mosto fermentado (F), do mosto concentrado inicial (CI) e do mosto concentrado fermentado (CF).

Análises	Mosto « I »	Mosto « F »	Mosto « CI »	Mosto « CF »
Açúcares redutores totais, g/100 mL	$12,54 \pm 0,087$	n.d.	$22,65 \pm 0,095$	$0,15 \pm 0,004$
Açúcares solúveis, g/100 mL	$10,83 \pm 0,083$	n.d.	$19,74 \pm 0,064$	$0,25 \pm 0,003$
Frutose, g/100 mL	$7,80 \pm 0,065$	n.d.	$13,94 \pm 0,085$	$0,25 \pm 0,004$
Glucose, g/100 mL	$3,03 \pm 0,025$	n.d.	$5,80 \pm 0,023$	n.d.
Sacarose, g/100 mL	$1,71 \pm 0,045$	n.d.	$2,91 \pm 0,063$	n.d.
Acidez total, g/100 mL	$0,21 \pm 0,067$	$0,34 \pm 0,095$	$0,31 \pm 0,015$	$0,50 \pm 0,055$
Fenóis totais, ppm de catequina	$395 \pm 41,90$	$335 \pm 42,92$	$488 \pm 32,14$	$240 \pm 13,23$
Cor	$0,999 \pm 0,026$	$0,206 \pm 0,056$	$1,770 \pm 0,021$	$0,536 \pm 0,015$
Nitrogênio total, mg/L	$160 \pm 6,67$	$89 \pm 5,03$	$176 \pm 3,55$	$81 \pm 0,741$
Cinzas, g/100 mL	$1,44 \pm 0,064$	$0,26 \pm 0,083$	$0,27 \pm 0,039$	$0,04 \pm 0,013$
Cálcio, %	$0,058 \pm 0,003$	$0,058 \pm 0,001$	$0,040 \pm 0,005$	$0,038 \pm 0,002$
Contagem mortas, ufc/mL	$7,20 \times 10^5$	$9,00 \times 10^6$	$1,94 \times 10^6$	$8,30 \times 10^6$
Contagem totais, ufc/mL	$1,75 \times 10^6$	$6,20 \times 10^7$	$1,11 \times 10^6$	$6,76 \times 10^7$
Contagem vivas, ufc/mL	$1,03 \times 10^6$	$5,30 \times 10^7$	$3,05 \times 10^6$	$5,93 \times 10^7$
Grau alcoólico, °GL	n.d.	$6,9 \pm 0,40$	n.d.	$10,3 \pm 0,46$

Nota: (n.d.) não detectado. Os valores estão seguidos do desvio-padrão.

Na Figura 2, podem ser observadas algumas características das cinéticas de fermentação, como as curvas de crescimento da levedura nos dois mostos. No mosto normal em aproximadamente 1 dia o crescimento atingiu o ponto máximo enquanto que no mosto concentrado o período foi de 2 dias. A população de leveduras no mosto no fim da fase crescimento foi de  $6,7 \times 10^7$  ufc/mL enquanto no mosto concentrado foi um pouco inferior  $5,0 \times 10^7$  ufc/mL, esta diferença no crescimento pode estar relacionada com o teor de açúcares no mosto concentrado (2 vezes maior) (Vasserot,

1996). Na evolução dos açúcares durante a fermentação, observa-se que o mosto concentrado levou três dias a mais para a exaustão completa. Porém se esta fermentação fosse interrompida com 4 a 5 dias de fermentação o vinho teria um teor de açúcares residual semelhante ao que é adicionado no processo industrial, além de que a legislação brasileira para sidra coloca como valor máximo para o teor alcoólico  $8,0^\circ$  GL (Brasil, 1974) sendo que no mosto concentrado este teor foi de  $10,3^\circ$ GL.

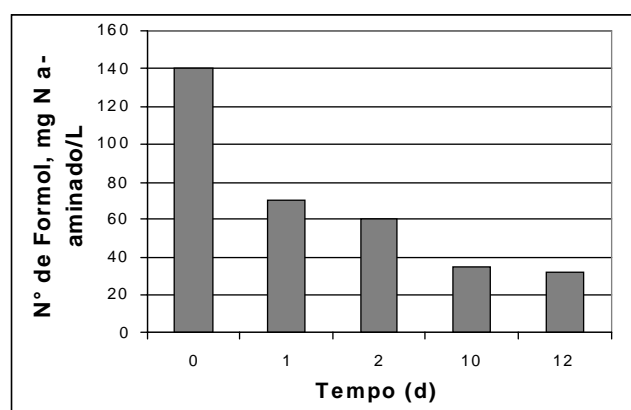
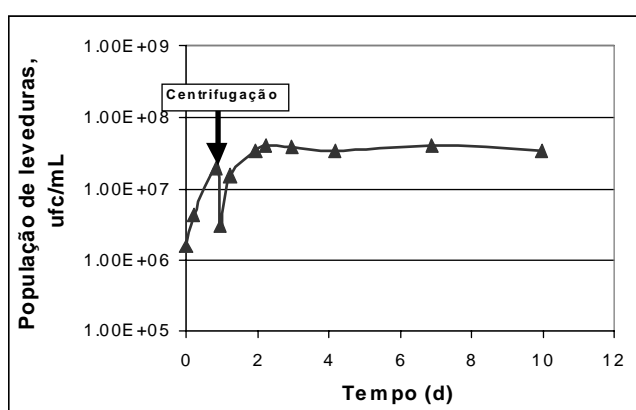


**Figura 2-** Cinética de crescimento e evolução dos açúcares no mosto normal e no mosto concentrado.

A fim de verificar a operação de eliminação de biomassa para diminuir a velocidade de fermentação, processo este corrente na produção da sidra francesa, considerada responsável por auxiliar as leveduras na formação de aromas frutados, foi realizada uma eliminação por centrifugação após um dia de fermentação, momento no qual o crescimento da levedura encontrava-se no fim da fase logarítmica. A Figura 3A mostra o crescimento das leveduras no primeiro dia, o declínio, devido a eliminação de biomassa, e o novo crescimento da população que manteve-se constante durante 10 dias, a  $2,30 \times 10^6$  ufc/mL. Na fermentação normal a população manteve-se a  $6,50 \times 10^7$  ufc/mL, estas diferenças de população afetam a velocidade de fermen-

tação que no caso da fermentação com eliminação de biomassa foi de 6 dias a mais, ou seja o dobro do tempo.

Já para o N-aminado, determinado pela análise de número de formol, o processo de eliminação foi eficiente na sua exaustão, pois no produto final da fermentação (6 dias de fermentação) restaram 80 mg/L mg de nitrogênio a-aminado e com a eliminação de biomassa este valor foi para 35 mg/L (10 dias de fermentação), o que segundo Nogueira (2003) este nitrogênio residual pode ser o não assimilado pela levedura, que pode variar de 20 a 30 mg/L, dependendo do mosto. A evolução desse nutriente está apresentada na Figura 3B.



**Figura 3-** Cinética de crescimento (A) e evolução do nitrogênio (B) na fermentação com eliminação de biomassa.

A eliminação de biomassa obriga o novo crescimento microbiano no mosto « pobre » em nutrientes devido sua utilização no primeiro crescimento das leveduras. Com isso, evita-se o nitrogênio residual no produto final, o que poderia causar uma instabilidade microbiológica resultando em alterações organolépticas ou explosões de garrafas em produtos não pasteurizados. Esta fermentação lenta pode proporcionar um aroma mais frutado na sidra além de facilitar o monitoramento para a interrupção da fermentação, proporcionando ao produto açúcares residuais não havendo necessidades de adições posteriores, uma vez que o consumidor brasileiro tem preferência por bebidas doces (Nogueira *et al.*, 2003).

#### 4. Conclusões

O processo de crioconcentração foi eficiente na concentração dos fenóis, quando concentrado 2 vezes, porém esta deve ser realizada logo após a prensagem. A despectinização resulta em perdas de até 20% em compostos fenólicos totais. O mosto concentrado e a testemunha apresentaram a mesma cinética de fermentação, com um atraso de 3 dias para o consumo total de açúcares no caso do mosto concentrado. Entretanto, o experimento com a fermentação precisa ser revisto, pois os teores de fenóis após a crioconcentração e a fermentação foram muito baixos, devido a mudança no protocolo. O processo de retirada de biomassa foi eficaz na redução da velocidade de fermentação e dos teores finais de nitrogênio no fermentado.

#### Agradecimentos

Os autores são profundamente agradecidos aos órgãos de fomento, CNPq e CAPES pela concessão de bolsas que subsidiaram o trabalho dos pesquisadores, e a Novozymes do Brasil pela doação das enzimas, sendo este mais um artigo produzido sob a égide do Grupo de Trabalho de Maçã - GTM.

#### REFERÊNCIAS

1 ABPM. Dados estatísticos sobre a cultura da macieira. Associação Brasileira de Produtores de Maçã. Disponível em : <http://www.abpm.org.br>. Acessado em 15 de julho de 2004.

2 BARON, A.; BOHUON, G.; DRILLEAU, J. F. Remarques sur l'indice formol des concentrés de jus de pomme. **Annales des Falsifications et de l'Expertise Chimique**. v. 70, n. 749, p. 19-26, 1977.

3 BRASIL. Norma de identidade e qualidade da sidra. In: D.O.U. **Portaria n°746, de 24 de outubro de 1974**. ed. Brasília: Diário Oficial da União, 1974. Cap. 16-35.

4 IAL. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. In: IAL. Normas Analíticas. 3. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976.

5 NOGUEIRA, A.; PRESTES, R.; DRILLEAU, J. F.; WOSIACKI, G. Análise dos indicadores físico-químicos de qualidade da sidra brasileira. **Semina-Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 3, p. 274-280, Jul.Dez., 2003.

6 NOGUEIRA, A. **Tecnologia de processamento sidrícola. Efeitos do oxigênio e do nitrogênio na fermentação lenta da sidra**. 210. Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais. Setor de Engenharia Química. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2003.

7 NOGUEIRA, A.; OLIVEIRA, R.G.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Características físico-químicas de 103 cultivares de macieira analisadas nas safras de 1984 a 2004. XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, **Anais...**, Recife, setembro, 2004.

8 NOGUEIRA, A.; SANTOS, L. D.; WIECHTECK, F.; GUYOT, S.; WOSIACKI, G. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã. **Publicatio UEPG Ciências Agrárias e Engenharias**. v. 9, n. 3, p. 7-14, dez. 2003.

9 TANNER, H., BRUNNER, H.R. **Getränke Analytik - Untersuchungsmethode für die Labor- und Betriebspraxis**. Wädenswill. Verlag Helles. 1985. p. 206.

10 RENARD, C. M. G. C.; BARON, A.; GUYOT, S.; DRILLEAU, J. F. Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: quantification and some consequences. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 29, n. 2, p. 115-125, 2001.

11 SANONER, P.; GUYOT, S.; MARNET, N.; MOLLE, D., et al. Polyphenols profiles of french cider apple varieties (*Malus domestica* sp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 47, p. 4847-4853, 1999.

12 SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food Phenolics - Sources, Chemistry, Effect, Applications**. Pennsylvania. Technomic, 1995. p. 321.

13 VASSEROT, Y. La fermentation alcoolique chez *Saccharomyces cerevisiae*: aspects biochimiques et physiologiques. **Revue Française d'Oenologie**, n. 159, p. 13-16, 1996.

14 WOSIACKI, G.; PHOLMAN, B. C.; NOGUEIRA, A. Características de qualidade de maçãs. Avaliação físico-química e sensorial de 15 variedades. **Revista da SBCCTA**, v. 24, n. 3, 2004