

AVALIAÇÃO DA TRITURAÇÃO E DE TRATAMENTOS ENZIMÁTICOS NA OBTENÇÃO DE SUCO DE MAÇÃ POR CENTRIFUGAÇÃO

EVALUATION OF THE GRINDING AND ENZYMATIC TREATMENTS IN APPLE JUICE OBTAINED BY CENTRIFUGATION

**Alessandro Nogueira¹, Caroline Mongruel², Maria Carolina de Oliveira³,
Mauricio Passos⁴, Gilvan Wosiacki⁵**

- ¹ Autor para contato: Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campus em Uvaranas, Ponta Grossa, PR, Brasil; bolsista recém-doutor do CNPq; (42) 3220-3093; e-mail: alessandronog@yahoo.com.br
- ² Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Departamento de Engenharia de Alimentos, PIBIC/CNPq/UEPG
- ³ Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- ⁴ Universidade Federal do Paraná - UFPR, Departamento de Farmácia, Curitiba, PR
- ⁵ Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Departamento de Engenharia de Alimentos e Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Recebido para publicação em 16/05/2005

Aceito para publicação em 08/08/2005

RESUMO

No Brasil aproximadamente 200.000 ton de maçãs são processadas por fragmentação e prensagem para obtenção do mosto, que pode ser transformado em sucos, sidras, vinagres e destilados. Este trabalho objetivou avaliar o efeito do corte na trituração associado a tratamentos enzimáticos na obtenção de suco de maçã por centrifugação. Foram analisados 5 diferentes cortes e o efeito de enzimas pectinolíticas e de liquefação. As condições foram as seguintes: temperatura controlada (30°C), concentrações das enzimas fornecidas pelos fabricantes e tempo de reação de 3 horas. Os resultados indicaram que quanto menor for o tamanho das partículas a serem trituradas melhor é o rendimento em volume e mais rápido e eficiente torna-se o tratamento enzimático. A composição físico-química do suco foi variada, dependendo do corte e do tratamento enzimático.

Palavras-chave: trituração, centrifugação, liquefação, suco de maçã

ABSTRACT

In Brazil, approximately 200.000 tons of apples are processed by grinding and pressing for the extraction of must for the production of apple juice, cider, vinegar and distilled beverages. This work aims to evaluate the effect of different cuts,

enzymatic treatment and centrifugation in the production of apple juice. Five different cuts were analyzed and enzymatic treatment conditions were: temperature control (30°C), enzyme concentration and a reaction time of 3 h. The results show that the best yield and the most efficient enzymatic reaction is obtained with little fragments. The physicochemical composition of the apple juices varied according to the cuts and the enzymatic treatment.

Key words: milling, centrifugation, liquefaction, apple juice

1. Introdução

No Brasil aproximadamente 200.000 mil ton de maçãs, provenientes do descarte comercial, são processadas por fragmentação e prensagem para obtenção do mosto, para ser transformado em sucos, sidras, vinagres e destilados (Paganini *et al.*, 2004).

Para obtenção de maior rendimento de suco a etapa da trituração da fruta é crucial. Em frutas com estrutura rígida, colhidas durante a safra, pequenas partículas facilitam a prensagem e promovem um elevado rendimento de suco (Binning e Possmann, 1993). Entretanto, em frutas com amadurecimento avançado, oriundas de câmaras de conservação, a prensagem não é eficiente (Bump, 1989). Desta forma, regulagens no sistema de trituração são necessárias em função das características de textura e do grau de maturação, como o aumento do tamanho das partículas e regulagens na velocidade de trituração. Como existem vários tipos de trituradores, cada operador determina as condições baseando-se na sua experiência (Moyer, 1983).

Por mais de 20 anos, as enzimas pectinolíticas foram adicionadas ao triturado de maçã como operação no processamento de suco de maçã clarificado e concentrado (Mehrlander *et al.*, 2002). Durante este tempo foi observado um efeito positivo no rendimento do suco quando tratado na pré-prensagem. Desta forma, um novo processo, a liquefação, foi desenvolvido a fim de aumentar o rendimento e/ou diminuir a operação de prensagem. Esta operação consiste em tratar o triturado com enzimas pectinolíticas e celulolíticas a uma temperatura ótima por um determinado período de tempo, o que poderá promover uma hidrólise completa da parede celular (Massiot *et al.*, 1994).

Na extração do suco, a prensagem consiste em uma importante operação. Desta forma, existem vári-

os tipos básicos de equipamentos e numerosas variações desenvolvidas como prensas hidráulicas (bateladas), parafuso (bateladas), esteira (contínua) e pneumática (bateladas) (Wosiacki e Nogueira, 2005).

A centrifugação foi estudada pela primeira vez na separação do suco da polpa da maçã por Rao *et al.* (1975) citado por Bump (1989), e observaram que o grau de cominuição das maçãs afeta o rendimento e o conteúdo de sólidos em suspensão. Enzimas de liquefação aplicadas na polpa de maçã, cortada em largos e finos pedaços resultaram em rendimentos de suco na faixa de 80 % pelo processo de centrifugação.

Entretanto, pouco se conhece sobre a forma de trituração ou os detalhes físicos dos cortes sobre a ação das enzimas pectinolíticas e de liquefação, bem como do efeito destas operações quando a extração é realizada por meio de centrifugação.

Desta forma, o trabalho objetivou avaliar o rendimento e a composição físico-química de sucos produzidos utilizando-se [1] diferentes facas na etapa de trituração, submetendo-os a [2] diferentes tratamentos enzimáticos e [3] extração por meio de centrifugação.

2. Material e métodos

As maçãs constituíram um lote de 20 kg de amostras da cultivar Catarina fornecidas pela Estação Experimental de Pesquisa Agropecuária de São Joaquim – EPAGRI/SC. Para avaliar o processo de trituração foram utilizados 5 cortes diferentes, sendo 4 facas (Cortes A [palito expesso], B [fatia fina], C [fatia expessa] e D [palito fino]) de multiprocessador (Metvisa Tipo MPA, nº 5013) e um ralador manual

(Corte E). Para cada avaliação física de comprimento, feita com paquímetro, e peso foram processadas 5 frutas em cada corte e vinte pedaços analisados ao acaso. A espessura do corte foi avaliada na respectiva faca. Para avaliar o corte com o tratamento enzimático foram utilizados 0,5 kg de maçãs. Em cada corte foram adicionados pectinase a uma concentração de 3 mL/hL (Pectinex, Novozymes do Brasil), e uma enzima de liquefação em duas concentrações, de 50 mL/hL e 25 mL/hL (Ultrazim[®] AFP-L, Novozymes do Brasil). Em um dos cortes não foi adicionado tratamento enzimático a fim de servir como testemunha. Estas amostras foram colocadas em estufa à 30°C durante 3 horas. Em seguida o material foi centrifugado (Centrífuga de Roupa, 1,3 Kg Arno) por 20 minutos a 1800 rpm. O rendimento foi avaliado em volume e no peso seco do bagaço. No suco de cada tratamento foram realizadas as análises físico-químicas de açúcar redutor total e solúvel (g/100 mL), nitrogênio a-aminado (mg/L), umidade (%), acidez total expresso em ácido málico (g/100mL) e fenóis totais pelo reativo de Folin-Ciocalteu em mg/L de catequina, (Tanner e Brunner, 1985; IAL, 1976). Os resultados foram avaliados mediante análise de variância (ANOVA) e diferenciação de médias

pelo teste de Tukey em nível de 5%, a fim de verificar e identificar diferenças significativas entre os tratamentos realizados (Dutcoski, 1996).

3. Resultados e discussão

Na Tabela 1, podem ser observados os valores físicos das dimensões dos cortes utilizados neste estudo. O corte E apresentou o menor comprimento (0,98 cm) em relação aos demais cortes que ficaram entre 5,15 a 6,71 cm para os cortes A e C, respectivamente. Este comprimento acima de 5 cm esta relacionado com o tamanho da maçã além de ser uma característica dos multi-processadores com lâmina em disco.

A diferença no comprimento e na espessura dos cortes influenciaram diretamente o peso úmido do triturado, o qual apresentou grandes diferenças de 1,20 a 108,93 g para os cortes E e C, respectivamente. O corte E foi realizado através de um ralador manual proporcionando os menores pedaços. Na indústria, o moinho a martelo proporciona características de corte semelhantes.

Tabela 1 - Características físicas das diferentes facas utilizadas na trituração da maçã.

Análises físicas	Cortes				
	A	B	C	D	E
Comprimento*, cm	5,15	5,96	6,71	5,64	0,98
Espessura**, mm	0,23	0,37	0,38	0,18	0,15
Peso úmido*, g	8,88	61,96	108,93	4,60	1,20

Nota: ** A espessura foi avaliada nas facas; * Média de 20 pedaços.

Na Figura 1, pode ser observado o rendimento (%) realizado sobre o volume e o peso seco do bagaço. Nota-se que quanto menor foi o corte melhores foram os resultados, sendo diretamente relacionados com o peso úmido, ou seja, quanto maior o peso úmido menor foi o rendimento. Estes resultados são semelhantes aos obtidos pelo processo de prensagem (Bump, 1989; Binning e Possmann, 1993). O rendimento calculado sobre o peso seco do bagaço demonstrou ser aproximadamente 10% superior que o rendimento em volume, para todos os tratamentos.

O melhor rendimento foi obtido com o ralador manual (Corte E), 70 e 80% em volume e peso seco, respectivamente (Fig. 1A e 1B). Desta forma, este resultado confirma-se com o mesmo observado para a operação de prensagem, quanto menor o triturado maior é o rendimento (Binning e Possmann, 1993). No rendimento sobre o volume (Fig. 1A) observa-se neste corte que os tratamentos com a enzima de liquefação apresentaram resultados, sensivelmente melhores, porém não foram diferentes significativamente ao nível de 5%. O mesmo pode ser observado para o peso se-

co (Fig. 1B), a enzima pectinolítica foi sensivelmente superior aos demais tratamentos, porém sem diferença significativa.

Com estes resultados, fica claro que o tempo e temperatura utilizados com as enzimas, principalmente a de liquefação, não foram suficientes para as reações de

hidrólise. Sendo assim, o setor de processamento de maçãs que normalmente não dispõem de sistemas de aquecimento para o ótimo da enzima de liquefação (45°C), deve desta forma aumentar o tempo de reação em temperatura ambiente (25°C) para alcançar o resultado desejado.

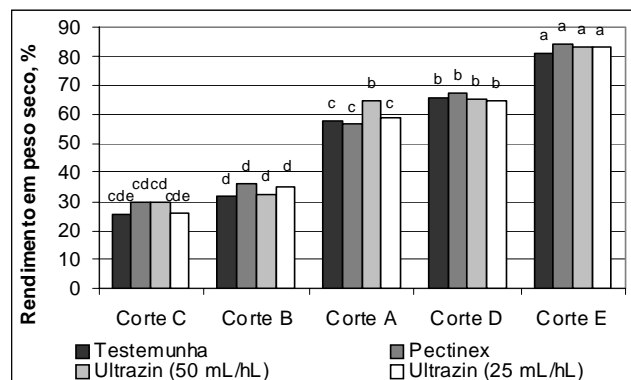
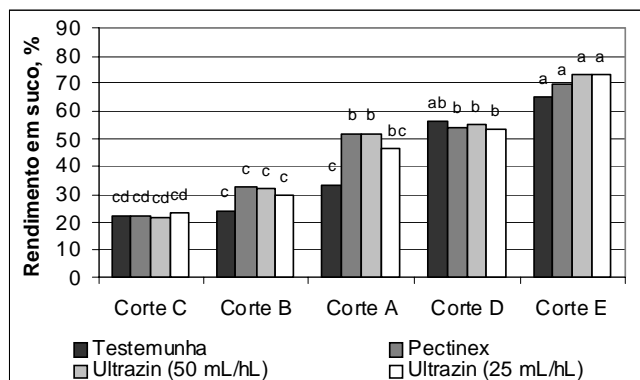


Figura 1 - Rendimento do suco de maçã em função de diferentes cortes e do tratamento enzimático: (A) rendimento em volume e (B) rendimento em relação ao peso seco.

Na Tabela 2, observa-se variações na composição química do mosto, em função do tipo de corte e ao tratamento utilizado. A análise de açúcar redutor total apresentou variações de $9,59 \pm 0,18$ a $14,10 \pm 0,28$ g/100 mL, corte E (Testemunha) e A (Pectinex), respectivamente, o que demonstra um efeito do tipo de corte e do tratamento enzimático.

O teor de acidez variou de $0,06 \pm 0,004$ a $0,20 \pm 0,003$ g/100 mL, corte B (Testemunha) e D (Ultrazim 50); E (Ultrazim 25), respectivamente (Tab. 2). Entretanto, estes valores classificam esta cultivar como sendo de baixa acidez (inferior a 0,45 g/100mL), característica das frutas selecionadas e melhoradas para o consumo *in natura* (Beech, 1972; Paganini *et al.*, 2004).

Tabela 2 - Efeito do corte e do tratamento enzimático na composição físico-química do suco de maçã obtido por centrifugação.

CORTES	TRATAMENTO S	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS				
		ART*, g/100 mL	ARS**, G/100 mL	Acidez total, g/100 mL	Fenóis totais, Ppm	Nitrogênio α -aminado, mg/L
Corte A	Testemunha	12,59 \pm 0,03	11,11 \pm 0,60	0,14 \pm 0,005	214,74 \pm 20,85	26,60 \pm 1,98
	Pectinex	14,10 \pm 0,28	10,12 \pm 0,33	0,18 \pm 0,007	257,77 \pm 16,33	25,20 \pm 0,00
	Ultrazin 25	12,91 \pm 0,40	9,12 \pm 1,50	0,15 \pm 0,006	215,54 \pm 12,96	29,40 \pm 1,98
	Ultrazin 50	10,96 \pm 0,34	8,90 \pm 0,31	0,19 \pm 0,005	196,02 \pm 23,67	26,60 \pm 1,98
Corte B	Testemunha	11,80 \pm 0,91	9,69 \pm 0,52	0,06 \pm 0,004	277,69 \pm 10,71	22,40 \pm 0,00
	Pectinex	10,35 \pm 0,28	10,46 \pm 0,65	0,14 \pm 0,002	181,28 \pm 3,94	25,20 \pm 7,92
	Ultrazin 25	12,04 \pm 1,37	9,36 \pm 0,25	0,12 \pm 0,005	241,83 \pm 3,95	43,40 \pm 1,98
	Ultrazin 50	11,45 \pm 0,53	10,18 \pm 0,67	0,10 \pm 0,007	184,46 \pm 7,33	19,60 \pm 0,00
Corte C	Testemunha	14,05 \pm 1,34	8,56 \pm 0,29	0,14 \pm 0,002	194,82 \pm 8,46	30,80 \pm 3,96
	Pectinex	12,77 \pm 0,16	10,18 \pm 0,54	0,13 \pm 0,005	277,29 \pm 9,01	44,80 \pm 3,96
	Ultrazin 25	12,66 \pm 0,81	5,85 \pm 0,08	0,10 \pm 0,004	268,92 \pm 14,65	33,60 \pm 3,96
	Ultrazin 50	12,84 \pm 0,25	11,70 \pm 1,41	0,10 \pm 0,002	309,91 \pm 5,09	37,80 \pm 1,98
Corte D	Testemunha	13,75 \pm 0,53	10,10 \pm 0,48	0,15 \pm 0,005	342,34 \pm 5,09	33,60 \pm 1,87
	Pectinex	10,61 \pm 0,21	9,94 \pm 0,75	0,15 \pm 0,005	270,72 \pm 5,73	29,40 \pm 1,98
	Ultrazin 25	12,18 \pm 1,06	9,24 \pm 0,08	0,18 \pm 0,007	280,18 \pm 11,47	30,80 \pm 0,00
	Ultrazin 50	12,86 \pm 0,22	7,68 \pm 0,00	0,20 \pm 0,003	233,79 \pm 8,28	33,60 \pm 0,00
Corte E	Testemunha	9,59 \pm 0,18	8,91 \pm 0,04	0,16 \pm 0,010	254,96 \pm 1,28	39,20 \pm 3,96
	Pectinex	10,53 \pm 1,28	9,26 \pm 0,45	0,19 \pm 0,006	267,57 \pm 3,83	21,00 \pm 1,98
	Ultrazin 25	10,08 \pm 0,29	11,32 \pm 2,83	0,17 \pm 0,002	286,04 \pm 9,55	29,40 \pm 1,98
	Ultrazin 50	9,96 \pm 0,24	9,30 \pm 1,08	0,20 \pm 0,004	252,69 \pm 14,64	22,40 \pm 3,96

Nota: *ART= açúcar redutor total; **ARS= açúcar redutor solúvel.

A cultivar Catarina apresentou baixo teor de fenóis, que pode ser devido ao genótipo da cultivar, ao escurecimento enzimático e aos processos de clarificação do suco (Nogueira *et al.*, 2003). Estes valores classificam esta cultivar como doce-amarga, ou seja, valores de fenóis acima de 200 mg/L de catequinas e acidez menor que 0,45 g/100mL (Beech, 1972). Entretanto, estes resultados apresentaram elevada variação sendo que os valores ficaram compreendidos entre 181,28 \pm 3,94 e 342,34 \pm 5,09 mg/L de catequinas, corte B (Pectinex) e corte D (Testemunha), respectivamente.

O nitrogênio α -aminado representa os compostos nitrogenados assimilados pela levedura em fermentação (Muik *et al.*, 2002). Para a cultivar em estudo este teor, em todos os tratamentos, foi considerado baixo, ou seja, valores compreendidos entre 70 a 150 mg/L são considerados normais para a fermentação completa do mosto de maçãs, valores inferiores a 70 mg/L podem acarretar fermentações lentas ou até mesmo interrupções (Nogueira, 2003). Desta forma, a cv.

Catarina necessita de correções deste nutriente para a elaboração de um produto fermentado.

4. Conclusões

Com este trabalho pode se concluir que o melhor rendimento de suco obtido pela centrifugação está diretamente relacionado com a operação de trituração, sendo o melhor resultado quanto menor o tamanho do fragmento (Corte E). Sendo assim, trituradores em moinho de martelo podem alcançar os melhores rendimentos de mosto obtido por centrifugação. A variação na composição química do suco foi relacionada com tipo de corte e tratamento utilizado, nas condições utilizadas neste estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Estadual

de Ponta Grossa pela infraestrutura disponibilizada para realizar este trabalho, à Novozymes do Brasil pelo fornecimento das enzimas utilizadas neste estudo e ao CNPq pela concessão de bolsas de Iniciação Científica, de Recém-doutor e de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. BEECH, F.W. English cidermaking: technology, microbiology and biochemistry. **Progress in Industrial Microbiology**, v. 11, p.133-213, 1972.
2. BINNING, R.; POSSMANN, P. Apple juice. In: NAGY, S.; CHEN, C.S.; SHAW, P.E. **Fruit Juice Processing Technology**. Agscience: Florida, 1993.
3. BUMP, V. L. Apple pressing and juice extraction. In: DOWING, D.L. **Processed apple products**. Van Nostrand Reinhold: New York, 1989, p. 53-84.
4. DUTCOSKI, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Univ. Champagnat, 1996.
5. IAL. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. In: IAL. **Normas Analíticas**. 3. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976.
6. MASSIOT, P.; LEQUERE, J.M.; DRILLEAU, J.F. Biochemical characteristics of apple juices and fermentations products from musts obtained enzymatically. **Fruit processing**, v. 4, p.109-113, 1994.
7. MEHRLANDER, K.; DIETRICH, H.; SEMBRIES, S.; DONGOWSKI, G.; WILI, F. Structural characterization of oligosaccharides and polysaccharides from apple juices produced by enzymatic pomace liquefaction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 1230-1236, 2002.
8. MOYER, J.C. Particle size measurement in milled apples. **State Agric. Exp. Stn. Spec. Rep.**, v. 56, 1983.
9. MUIK, B.; EDELMANN, A.; LENDL, B.; CAÑADA, M.J.A. Determination of yeast assimilable nitrogen content in wine fermentation by sequential injection analysis with spectrophotometric detection. **Anal. Bioanal. Chem.**, n. 374, p. 167-172, 2002.
10. NOGUEIRA, A. **Tecnologia de processamento sidrícola: efeitos do oxigênio e do nitrogênio na fermentação lenta da sidra**. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
11. NOGUEIRA, A.; SANTOS, L.D.; WIECHETECK, F.V.B.; GUYOT, S.; WOSIACKI, G. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos em suco de maçã. **Publ.UEPG Ci. Exatas Terra, Ci Agr. Eng.**, Ponta Grossa, n. 9, v. 3, p.7-14, 2003.
12. PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Análise da aptidão industrial de seis cultivares de maçãs, considerando suas avaliações físico-químicas (dados da safra 2001/2002). **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 6, p.1336-1343, nov./dez., 2004.
13. TANNER, H.; BRUNNER, H. R. **Getränke Analytik; Untersuchungsmethoden für die Labor – und Betriebspraxis**. Schwäbisch Hall: Heller Verlag, 1985.
14. WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; Suco de maçã. In: VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação, mercado**. 1. ed., Botucatu: Blücher, p.255-292, 2005.