

AROMAS EM MAÇÃS, SUCO E SIDRA: REVISÃO

DEISE ROSANA SILVA SIMÕES*
NINA WASZCZYNSKYJ**
GILVAN WOSIACKI***

Efetuiu-se uma abordagem da maçã e do processamento de bebidas fermentadas, mediante revisão dos principais compostos aromáticos da maçã presentes em produtos derivados como o suco e a sidra. Devido à importância do aroma nos produtos industrializados foram abordadas as principais metodologias utilizadas para sua avaliação, especialmente a cromatografia a gás-olfatométrica (CG-O) que correlaciona medidas sensoriais e instrumentais. Pode ser observado que as pesquisas têm acrescentado conhecimentos nas metodologias para avaliação dos compostos voláteis em alimentos, sendo possível descrever cada componente volátil e determinar sua concentração e sua fonte (se provenientes da fruta ou do processo fermentativo). Esse avanço na ciência em relação à identificação e quantificação dos compostos voláteis possibilita o conhecimento do momento da formação dos compostos voláteis mais importantes que geram impacto sensorial positivo no consumidor.

PALAVRAS-CHAVE: AROMA; MAÇÃ; SUCO DE MAÇÃ; SIDRA; CROMATOGRÁFIA A GÁS-OLFATOMÉTRICA (CG-O).

* Engenheira de Alimentos, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Professora, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, Paraná (e-mail: deise@interponta.com.br).

** Doutora em Ciências (Bioquímica), Professora, UFPR, Curitiba, Paraná (e-mail: ninawas@ufpr.br).

*** Pós-Doutor, Universidade Técnica de Berlim, Alemanha, Professor, Departamento de Engenharia de Alimentos, UEPG, Ponta Grossa, Paraná (e-mail: wosiacki@uol.com.br).

1 INTRODUÇÃO

Existem muitas razões pelas quais se consomem alimentos e, certamente, a mais importante vem a ser a obtenção de nutrientes para a manutenção da saúde. Entretanto, numa sociedade em que o suprimento de alimentos é abastecido por grande variedade de produtos industrializados, a escolha pela sensação de prazer proporcionado vem crescendo em importância.

A qualidade sensorial é determinada pela interação do alimento com o homem, envolvendo aspectos culturais, étnicos e sociológicos, dentre outros (SHEFERD, 1988). Isto significa que os produtos direcionados ao consumo devem ser atrativos e despertar o interesse e a memória sensorial dos consumidores.

A aceitação dos produtos alimentícios no mercado depende de sua qualidade. O aroma, em particular, está entre os principais atributos que determinam a escolha e o consumo. Historicamente, gregos e romanos perfumavam seus vinhos com rosas, violetas, ervas e condimentos exóticos trazidos da China, Índia e Egito pelos mercadores venezianos. Na Europa, esses ingredientes foram também misturados aos alimentos para torná-los mais palatáveis. Avanços na química orgânica, durante o século XIX, tornaram possível que importantes substâncias aromatizantes, como a vanilina e a cumarina, fossem sintetizadas e adicionadas aos produtos alimentícios (CHIAPPINI, 2007).

Produtos alimentícios e especialmente bebidas alcoólicas, como o vinho e a cerveja, contém grande número de compostos voláteis. O aroma nos alimentos é uma mistura complexa de compostos voláteis que podem ser identificados e quantificados pelo uso de diferentes técnicas (LORRAIN *et al.*, 2006). Em bebidas alcoólicas alguns desses compostos têm origem no próprio fruto, outros são gerados no processo fermentativo e outros ainda são provenientes de reações químicas durante o envelhecimento (GARRUTI, 2001).

Dentre as bebidas de maçã, a sidra é relativamente recente no comércio brasileiro e poucos trabalhos científicos foram realizados sobre seu processamento. NOGUEIRA *et al.* (2003) relataram que uma das principais características da sidra brasileira é o aroma de fermentado, classificando-a como produto adquirido pela população com menor grau de exigência (menor valor agregado).

Neste trabalho, efetuou-se uma abordagem da maçã e do processamento de bebidas fermentadas, mediante revisão sobre os principais compostos aromáticos da maçã presentes em produtos derivados como o suco e a sidra. Também foram abordadas as principais metodologias utilizadas para avaliação do aroma, especialmente a cromatografia a gás-olfatométrica (CG-O) que correlaciona medidas sensoriais e instrumentais.

2 MAÇÃ

A maçã constitui o fruto de clima temperado mais importante comercializado como fruta fresca, tanto no contexto internacional quanto brasileiro, e sua produção firmou-se como uma das atividades mais importantes do Sul do país (WOSIACKI, NOGUEIRA e SILVA, 2000; WOSIACKI, 2001).

A produção brasileira da maçã obteve significativo crescimento ao longo dos últimos 30 anos com a implantação dos pomares comerciais no Sul do Paraná, região serrana e meio oeste de Santa Catarina e na serra gaúcha ao Norte do Rio Grande do Sul. A cultura brasileira contribui com 1,5% da produção mundial de maçã (ABPM, 2004; WOSIACKI, NOGUEIRA e SILVA, 2000).

De acordo com PEREIRA *et al.* (2003) e WOSIACKI, PHOLMAN e NOGUEIRA (2004), a maior parte da produção provém de três cultivares: *Gala*, *Fuji* e *Golden Delicious*. No cenário internacional, as cultivares *Red delicious* e *Golden delicious* continuam a ser as dominantes na produção mundial (WOSIACKI e NOGUEIRA, 2005). A cultivar *Gala* é responsável por 46% da produção total e a *Fuji* (mais resistente para frigo-conservação) participa com 45% da produção. A *Golden Delicious* representa 6% da produção total e os 3% restantes são compostos por outras cultivares. Entre essas, encontra-

se a *cv. Joaquina*, que apresenta qualidade para a produção de vinho de maçã com características sensoriais superiores (FERTONANI *et al.*, 2006). Essa cultivar foi desenvolvida em 2002 nos laboratórios da estação experimental da EPAGRI e apresenta frutos grandes, atrativos, de gosto adocicado e coloração vermelha-estriada, características de qualidade de maçãs comerciais (PEREIRA *et al.*, 2003).

O período de maturação da cultivar *Joaquina* ocorre entre a segunda quinzena de fevereiro a início de março, próximo da época de colheita da cultivar *Gala*. A polpa é amarela, firme, crocante, suculenta, de gosto doce e baixa acidez. Essas características atribuem aos frutos ótimas características para o consumidor brasileiro, que prefere frutas suculentas e com baixos teores de acidez (PEREIRA *et al.*, 2003).

Segundo FERTONANI *et al.* (2006), algumas cultivares apresentam altos teores de compostos fenólicos que elevam a qualidade sensorial (devido à sensação de adstringência proporcionada pelos taninos) e nutricional de produtos mais nobres como sucos e fermentados alcoólicos.

Com relação à concentração em compostos fenólicos, ZARDO (2007) encontrou 1368 mg.Kg⁻¹ e classificou a *cv. Joaquina* como tendo média atividade antioxidante (13117 µM.g⁻¹). Isso é bastante interessante sob o ponto de vista industrial, desde que os compostos biologicamente ativos estejam preservados.

De acordo com SANTOS *et al.* (2005), cultivares mais resistentes às pragas e doenças e com frutos de melhor aparência têm sido selecionados com o intuito de participar da composição de novos pomares comerciais.

Cerca de 80% do total da maçã produzida destina-se ao consumo *in natura*, sendo a maçã de qualidade inferior direcionada para a agroindústria. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a previsão da safra de maçã no período de 2006-2007 é de 861.385 e 1.113.842 toneladas respectivamente. O consumo da fruta no Brasil está situado entre 3,5 e 4,3 kg *per capita* nos últimos quatro anos (IBGE, 2007).

O descarte de toneladas de maçã decorrente do rigoroso processo de seleção e classificação comercial pode ser utilizado para o processamento e constitui matéria-prima disponível para a indústria de transformação (ABPM, 2004; WOSIACKI, 2002). Em torno de 70% dos frutos rejeitados são adequados para o processamento, após expurgo daqueles portadores de doenças ou mesmo apodrecidos, recebendo a denominação de maçãs industriais (WOSIACKI, 2002).

Segundo SMOCK e NEUBERT (1950) e EPAGRI (2002), citados por PAGANINI *et al.* (2004), as frutas que não se enquadram nos padrões de classificação e seleção apresentam características que as tornam sem valor comercial (como formato ruim, tamanho pequeno, coloração desuniforme, cicatrizes provenientes de insetos, pássaros e granizo, ou ferimentos resultantes de tratamentos culturais e transporte inadequados, sintomas de doenças e problemas fisiológicos). Essas frutas, inicialmente destinadas à alimentação animal, passaram com o aumento da matéria-prima a ser processadas pelas próprias indústrias classificadoras como forma de agregação de valor (CHERUBIN, 1996).

Segundo WOSIACKI, KAMICOGA e NEVES (1991), as frutas desclassificadas para o comércio mantêm suas propriedades intrínsecas com relação aos indicadores de qualidade (como teores de açúcar, de ácidos e de compostos fenólicos). Podem ser interessantes para uso industrial, pois em estádios adequados de maturação esses parâmetros independem do tamanho do fruto.

As frutas que apresentam problemas fitossanitários ou aberturas na epiderme, verdadeiras portas de entrada para microrganismos, são encaminhadas para a fabricação de sidra, vinagre e destilados (BINNING e POSSMANN, 1993; SCUSSEL, 1998; ASKAR, 1999, citados por PAGANINI *et al.* 2004). Por outro lado, as frutas comerciais compreendem aquelas com duas propriedades específicas. Apresentam boa aparência, que promove o processo de compra, e boa aceitação do exigente mercado com relação aos aspectos sensoriais internos (como sabor agridoce, características de adstringência e aroma). É interessante observar que muitos preferem as de maior tamanho, que embora de boa aparência são as que oferecem menores teores de compostos aromáticos. Essas frutas são caracterizadas como especiais e alcançam maiores preços no mercado varejista (SANTOS *et al.* 2005).

NOGUEIRA *et al.* (2003) não observaram preocupações com o desenvolvimento de cultivares de interesse comercial mais voltadas aos procedimentos industriais, pois nem todas as cultivares de mesa são recomendáveis para obtenção de sucos concentrados ou produtos vinificáveis.

WOSIACKI e NOGUEIRA (2005) enfatizaram que a maçã, quer se destine ao consumo *in natura* ou ao processamento de produtos nobres, deve apresentar a mesma qualidade quanto aos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais.

3 SIDRA

Segundo o Decreto nº 2314, de 04 de setembro de 1997, sidra é a bebida com graduação alcoólica de quatro a oito por cento em volume, a 20°C, obtida da fermentação alcoólica do mosto de maçã, podendo ser adicionada de suco de pêra, em proporção máxima de trinta por cento, e sacarose não superior aos açúcares da fruta (CLETO e CONSOLINI, 2005).

3.1 PROCESSAMENTO DA SIDRA

Pesquisas demonstram que a maior taxa de crescimento no mercado de bebidas tem sido direcionada para os produtos que apresentam inovações.

Pela legislação brasileira, a sidra pode ser obtida pela fermentação alcoólica do mosto de maçãs, adicionado ou não de suco de pêra (máximo 30%). Trata-se de vinho de fruta semelhante ao de uva com menor concentração alcoólica. Como nos demais vinhos de fruta deve ser obtido a partir de material fresco e sadio, podendo ser adicionado de açúcares (sacarose, glucose e frutose – açúcar invertido) até no máximo a mesma quantidade de açúcar contida na fruta (CLETO e CONSOLINI, 2005; NOGUEIRA e WOSIACKI, 2005).

A legislação determina os produtos que podem ser utilizados na fabricação da sidra como, o gás carbônico industrial, os conservantes, ácido sórbico (0,02%) e dióxido de enxofre (0,045%), os acidulantes, ácido cítrico (0,5%), ácido láctico (0,5%) e 30% de suco de pêra (BRASIL, 2000).

Para NOGUEIRA (2003) a região oeste francesa detém a reputação de produzir a melhor sidra do mundo, caracterizada pelo sabor suave, adstringente (tânicos) e aromas frutados. Nos países de língua germânica (Alemanha e Suíça), as sidras são relativamente secas e ácidas. No Brasil, o produto que apareceu na primeira metade do século XX é suave, pouco aromático e com baixa acidez, uma vez que é produzido essencialmente com maçãs de mesa (MANGAS *et al.*, 1999; LEA, 1999; LEA e DRILLEAU, 2003, citados por NOGUEIRA *et al.*, 2006). Poucos trabalhos foram realizados sobre o processamento e a qualidade da sidra no Brasil, sendo a maior parte deles desenvolvida por enólogos contratados pelas indústrias interessadas na comercialização das frutas visando o processamento das maçãs de descarte. Na França, Alemanha, Espanha e Brasil as especificações são estabelecidas pela legislação, mas mesmo assim os produtos nesses quatro países são diferentes.

No Brasil, as frutas destinadas ao processamento da sidra são provenientes do descarte comercial, por não apresentarem aspectos desejáveis para o consumo *in natura* no momento da colheita ou após armazenamento em câmaras frias. De acordo com CHIQUETTO (2004) não existe produção industrial de sidra varietal no Brasil. As maçãs de mesa descartadas servem de matéria-prima para o processamento de sidra, diversificada e processada conforme a disponibilidade das cultivares durante a safra. A produção de sidra brasileira é realizada praticamente por cinco empresas localizadas nos estados do Sul do Brasil (CHIQUETTO, 1997).

Segundo WOSIACKI, CHERUBIN e SANTOS (1997), o consumo de sidra nas comemorações de final de ano compete com o de vinhos frisantes efervescentes, do tipo champanha, e bebidas como cervejas e refrigerantes. Toda produção é voltada para atender o mercado interno, não havendo ainda processos ou tentativas de exportação e nem de importação. Não existe o hábito de consumo sistemático, nem rotineiro em nenhuma região brasileira.

De acordo com NOGUEIRA *et al.* (2003), a disponibilidade de maçãs com baixo valor comercial aumenta a cada ano com o crescimento da produção nacional. Isso leva o setor agroindustrial a se

preocupar com a agregação de valor econômico, visando à obtenção de produtos nobres como sucos e bebidas fermentadas. Tais autores indicam a necessidade de aprimoramento da qualidade da sidra para apresentar perfil definido e aceitação pelo consumidor brasileiro, podendo estender seu consumo durante todo o ano e almejar a comercialização internacional, já que a quantidade de matéria-prima disponibilizada ao setor industrial é significativa.

Ao pesquisar os indicadores físico-químicos da sidra brasileira, NOGUEIRA *et al.* (2003) constataram características de bebidas suaves ($67,95 \text{ g.L}^{-1}$ de ART) e baixo teor alcoólico ($5,64^\circ \pm 0,87 \text{ GL}$). Os compostos fenólicos revelaram grande variação, que pode resultar do processo de clarificação. O aroma não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras avaliadas, lembrando produto fermentado. Quanto à aparência foram avaliadas a liberação de bolhas provenientes da gaseificação e a cor das amostras, sugerindo que sidras escuras e gaseificadas alcançam maior preferência.

Muitos pesquisadores afirmam que são necessários novos estudos visando garantir a qualidade de bebidas fermentadas e gaseificadas como a sidra. Também sugerem pesquisas para o desenvolvimento de variedades com características industriais, sobre operações unitárias que afetem pouco a composição do mosto até o produto final e de seleção de novas cepas produtoras de aromas “frutados”, essenciais para a melhoria da qualidade da sidra brasileira.

NOGUEIRA, SWIECH e WOSIACKI (2006) avaliaram a aptidão de 14 variedades para o processamento de suco e fermentado de maçã. Verificaram que as amostras são mais aptas ao processamento de sucos clarificados e/ou concentrados do que para a produção de bebidas fermentadas por leveduras, devido aos baixos teores em ácidos que caracterizam fermentado “sem corpo”. Normalmente, as indústrias de sidra adicionam açúcar ao fermentado de base e o gaseificam para melhorar a aceitação do consumidor. Porém, isto apenas mascara produtos fermentados obtidos de matéria-prima inadequada e resulta em perdas de qualidade durante o processo.

Em países europeus, segundo PAGANINI *et al.* (2004), são utilizadas frutas de cultivares selecionadas para a obtenção de suco e sidras, tendo como marcadores de qualidade industrial os teores de acidez, taninos e açúcares. Esses componentes são importantes para a qualidade do produto e envolvem critérios de cor, sabor e aromas, atributos envolvidos no processo de compra dos consumidores.

4 AROMA

Aroma é a sensação percebida pelos sentidos do gosto e olfato, produzida quando se ingere o alimento. O aroma constitui um dos mais importantes atributos dos alimentos e bebidas.

A aceitação e consolidação de marca de bebida alcoólica fermentada está diretamente relacionada ao seu sabor. O sabor, por sua vez, é a resposta integrada ao gosto (doce, salgado, amargo, ácido) e ao aroma, dada pela presença de numerosos compostos voláteis. Em bebidas alcoólicas alguns desses compostos têm origem no próprio fruto, outros são gerados durante o processo fermentativo e outros são provenientes de reações químicas durante o envelhecimento (GARRUTI, 2001).

A sensação do gosto é atribuída à presença de compostos não voláteis nos alimentos (tais como açúcares, sais, ácidos), determinando os quatro gostos básicos descritos como doce, salgado, ácido e amargo. A sensação do aroma é bem mais complexa, pois o olfato humano pode discriminar milhares de compostos voláteis. Os compostos voláteis são responsáveis pelo sabor característico dos alimentos (THOMAZINI e FRANCO, 2000; BASTOS, *et al.* 2002). Os compostos voláteis que chegam ao bulbo olfativo pela cavidade retro-nasal são os responsáveis pela percepção do aroma. A mastigação, temperatura da cavidade bucal, solubilização, saliva e mudanças de pH colaboram para a chegada desses compostos ao bulbo olfativo, resultando na percepção do sabor daquele alimento. Sensações térmicas, queimação, adstringência, textura e sensações residuais também contribuem para a formação do sabor do alimento.

No aroma existem compostos de impacto e compostos contribuintes, mas são os de impacto que vão ditar a maior porcentagem de compostos que perfazem o aroma característico do alimento.

Sob o ponto de vista analítico, muitas das substâncias de maior relevância aromática estão em níveis muito baixos. Traços de ácidos graxos como o hexanoico, octanoico, decanoico e seus ésteres correspondentes de etila, todos são produtos do metabolismo das leveduras. Outros compostos como o etil fenol, etil catecol e etil guaiacol são também habituais e desejáveis, caso estejam em quantidades muito pequenas contribuem com características doce-amargas do aroma e são muito interessantes (PICINELLI *et al.*, 2000).

As moléculas de aromas apresentam diferentes funções químicas e grupos reativos, como por exemplo: alcoóis, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, lactonas, pirazinas, terpenos, compostos sulfurados, pironas e furanos (PINHEIRO e PASTORE, 2003).

A Tabela 1 apresenta algumas classes de compostos voláteis e seus respectivos aromas.

TABELA 1- CLASSES DE COMPOSTOS DE AROMAS E SEUS LIMITES DE PERCEPÇÃO DE ODOR

Classe	Composto	Aroma	Limiar de percepção (ppb)
Álcoóis	(R) 2-metil-butanol	fermentado, gorduroso	ND
	(R) 2-metil-butanol Trans-2-hexeno-1-ol	fresco, éter fruta, mais doce que o <i>cis</i>	ND 400
Aldeídos	Acetaldeído	pungente, nota de noz, alcoólico quando diluído	15-120
	(S) 2-metil-butanol	pungente, fruta, fresco	ND
	Hexanal n-octanal	fruta não amadurecida amargo, fruta cítrica	4,5-5,0 0,7
Ácidos carboxílicos	(S) ácido-2-metil- butanoico	fruta, doce	ND
	(R) ácido-2-metil-butanoico	queijo, adocicado	ND
Ésteres	Butanoato de etila	fruta remanescente de abacaxi	1
	Acetato de etila	éter, conhaque	5000
	Propionato de etila	fruta lembrando rum, doce	10
	Valerato de etila	forte, fruta, maçã	1,5-5,0
	Octanoato de etila	fruta, doce	15
	Dodecanoato de etila	gorduroso, oleoso, floral	2000

Fonte: adaptado de PINHEIRO e PASTORE (2003).

Para RODRIGUEZ-AMAYA (2003) muitos caminhos levam à formação de voláteis que conferem o aroma/sabor típico dos alimentos. Alguns envolvem a biossíntese, mas a maioria das reações são de clivagem/fragmentação de precursores não voláteis. Alguns se formam no alimento intacto devido ao metabolismo, outros se formam quando os tecidos são rompidos, liberando enzimas e outros após fermentação ou tratamento térmico. Nos alimentos, várias rotas estão em ação simultaneamente, inclusive com interações entre produtos das diferentes rotas (RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).

Em produtos de maçã, como o suco e a sidra, os fenóis apresentam considerável interesse devido sua influência nas características sensoriais (como cor, gosto amargo e adstringência), na formação de certos aromas e na transparência das bebidas.

Segundo LEGUERINEL *et al.* (1987), a frutose funciona como amplificador de aromas frutados em sidras pouco fermentadas.

Muitas substâncias aromáticas, especialmente em frutas e hortaliças, são produtos ou subprodutos de diversas rotas metabólicas. Os compostos do aroma típicos de frutos não cítricos como as bananas, pêras, melões e maçãs são sintetizados durante a fase climatérica. Muitos ácidos

alifáticos e aminoácidos das frutas verdes são convertidos em ésteres, alcoóis e éteres, responsáveis pelo odor frutal característico. Na maçã, um componente de impacto é o 2-metil-butirato de etila (WONG, 1995). De acordo com RODRIGUEZ-AMAYA (2003), outro composto de impacto na maçã é etil-3-metil-butirato.

Devido à delicadeza e complexidade da mistura que forma os aromas, os produtos alimentícios quando submetidos ao processamento tecnológico industrial, ou diferentes condições de temperatura, umidade e luz podem provocar alterações como oxidação dos componentes e reações térmicas levando à ocorrência de transformações (MARQUES e PASTORE, 1999).

Segundo PINHEIRO e PASTORE (2003) e GATFIELD (1995), os compostos químicos responsáveis pelos aromas característicos são: alcoóis, ácidos, ésteres, cetonas, lactonas, aldeídos, e outras moléculas complexas que resultam do metabolismo secundário de plantas ou podem ser obtidas de fontes animais. Certos fungos, leveduras e bactérias também apresentam potencial para o metabolismo secundário e podem produzir aromas (ARMSTRONG e BROWN, 1994; MANLEY, 1995; WELSH, 1995).

Os componentes ativos sensorialmente estão com frequência presentes em pequenas quantidades ou ligados a outras substâncias. Os aromas gerados biologicamente são complexos e incluem larga faixa de polaridade, desde hidrocarbonetos apolares até compostos carbonílicos altamente polares (CHIAPPINI, 2007).

Compostos voláteis são geralmente metabólitos secundários, isto é, substâncias produzidas pelo microrganismo, mas que não são essenciais para o seu metabolismo. Os ésteres formados por fungos e leveduras são exemplos de metabólitos secundários. A produção de ésteres seria o mecanismo responsável pela remoção de ácidos e alcoóis da célula e do meio, pois o acúmulo desses compostos pode ser tóxico para a célula (MARQUES e PASTORE, 1999).

As condições de cultivo, tais como composição do meio (fonte de carbono, nitrogênio e outros elementos), pH, tempo de fermentação, temperatura de incubação, agitação e aeração foram identificados como fatores determinantes do tipo e da quantidade dos compostos de aromas produzidos, além da linhagem do microrganismo. Essas variáveis podem estar envolvidas nos mecanismos fisiológicos que influenciam os tipos e quantidades dos produtos formados pelos microrganismos (MARQUES e PASTORE, 1999).

Na maioria das vezes, os compostos aromatizantes estão presentes apenas em “traços” em sistemas heterogêneos, dificultando o seu isolamento e identificação. Entre os compostos mais importantes na indústria de aromas de alimentos destacam-se os ésteres, que conferem diversos aromas de flores e frutas a alimentos fermentados. Ésteres são produzidos em pequenas quantidades por alguns microrganismos. Os ésteres são compostos importantes de aromas de frutas e nelas estão presentes em baixas concentrações (em torno de 1 a 100 ppm). Alguns microrganismos são capazes de sintetizar 3-metilbutil 3-metilbutirato, que resulta em aroma de maçã (MARQUES e PASTORE, 1999).

Estudos realizados por JANZANTTI, FRANCO e LANÇAS (2000) para identificar compostos voláteis de maçãs da cultivar Fuji revelaram a presença de 84 compostos voláteis. São encontrados em maior proporção os ésteres acetato de butila, acetato de 2-metil butila, acetato de hexila e o terpeno α -farneseno.

Segundo AVAKYANTS *et al.* (1981), citados por FRAILE, GARRIDO e ANCÍN (2000), o aroma fundamental da maçã deve-se a quatro ésteres: o acetato de etila, o acetato de isoamil, o hexanoato de etila e o acetaldeído.

De acordo com MEROY (1968), citados por JANZANTTI, FRANCO e WOSIACKI (2003), a qualidade do suco de maçã depende das características do sabor da fruta. São muitos os fatores que afetam a composição e concentração desses compostos voláteis: condições ambientais, variedade, grau de maturação da matéria-prima, etapas do processamento (prensagem, tratamento enzimático, clarificação e tratamentos térmicos) e condições de armazenamento.

As diferentes etapas do processamento podem causar mudanças no perfil do aroma do produto final quando comparado com a fruta fresca (JANZANTTI, FRANCO e WOSIACKI, 2003).

Composto volátil encontrado na maçã Fuji foi o aldeído hexanal, além dos ésteres butanoato de metila, acetato de isobutila, 2-metil butanoato de metila, butanoato de etila, propionato de propila, 2-metil butanoato de etila, butanoato de propila, valerato de etila, propionato de butila, acetato de amila, hexanoato de metila, 2-metil butanoato de propila, butanoato de butila, hexanoato de etila, acetato de ciclo hexila, 2 metil butanoato de butila, hexanoato de propila, propanoato de hexila, 2-metil butanoato de amila, hexanoato de butila, butanoato de hexila, 2-metil butanoato de hexila, hexanoato de isoamila, hexanoato de hexina e octanoato de isoamila. JANZANTTI, FRANCO e WOSIACKI (2003) observaram poucas modificações na composição de voláteis durante a prensagem. Algumas das mudanças ocorridas nessa etapa podem ser explicadas pela ação de enzimas, pois a ruptura dos tecidos durante a prensagem permite maior contato com o substrato. Ésteres (acetatos, propanoatos, 2 metil butanoatos e butanoatos) e aldeídos C₆ são considerados importantes para o aroma de maçãs. Portanto, a redução desses compostos após a pasteurização acarreta perda de notas aromáticas no produto final.

Segundo DÜRR e SCHOBINGER (1981), aldeídos insaturados e compostos da fermentação como o isobutanol e o correspondente acetato são importantes para a intensidade do odor do suco de maçã. Os compostos voláteis relevantes para o aroma do suco de maçã são: trans-2-hexenal, cis-3-hexenal, trans-2-hexenol, cis-3-hexenol, etil butirato e etil-2-metil-butirato. Os compostos voláteis desejáveis para o aroma de suco de maçã são: hexanal, benzaldeído, propilbutirato, pentilacetato, 2-pentanona e isobutilacetato. Os compostos de maior intensidade do aroma são: trans-2-hexenal, cis-3-hexenal, isobutanol e isobutilacetato.

JOSHI e SANDHU (1994) demonstraram mediante análise descritiva quantitativa que atributos como aroma de maçã, etilacetato e cor rosada foram maiores no vinho preparado com suco de maçã concentrado diluído diretamente a 24°B.

JANZANTTI, FRANCO e WOSIACKI (2003) estudaram o efeito do processamento na composição de voláteis de suco clarificado de maçã Fuji e verificaram que os compostos voláteis identificados compreenderam aproximadamente 97% da área relativa. Durante o processamento, não ocorreu a formação de novos compostos voláteis e as mudanças observadas foram quantitativas. A maçã Fuji caracterizou-se pela elevada quantidade de ésteres, compreendendo aproximadamente 68% da área relativa. Os compostos voláteis majoritários na maçã foram os ésteres acetato de 2-metil butila, acetato de butila e acetato de hexila e o hidrocarboneto sesquiterpeno α -farneseno, que juntos contribuíram com cerca de 71% da área relativa.

O aroma da sidra é constituído por alcoóis superiores, tais como os amílicos, 2-fenil-etanol, butanol, 2-3 butanodiol, e isobutanol, e ésteres como o acetato de etila. Alguns desses compostos são próprios da maçã como o butanol, enquanto que outros como os alcoóis amílicos e o acetato de etila são produtos da fermentação (PICINELLI *et al.*, 2000).

Segundo HUBERT *et al.* (1990), a presença de etanol e alcoóis superiores constitui dificuldade para a concentração dos componentes voláteis do aroma de sidras e bebidas alcoólicas nobres.

SCOTT e O'REILY (1996) estudaram a co-imobilização de leveduras selecionadas e bactérias para o desenvolvimento controlado do aroma de sidras. Constataram que a utilização da bactéria ácido láctica *Lactobacillus plantarum* exerce impacto positivo sobre o aroma final.

De acordo com LEGUERINEL *et al.* (1987) sidras de qualidade apresentam gosto doce, aromas frutados e perfumados, enquanto produtos com aromas picantes, sufocantes, com gosto ácido, adstringente, não são bem aceitos. O isobutanol aumenta os aromas frutados e perfumados e o 2-3- butanodiol apresenta ação inibidora sobre o aroma.

Os Quadros 1, 2 e 3 apresentam dados dos principais compostos aromáticos encontrados na maçã, suco e sidra, respectivamente.

QUADRO 1 - COMPOSTOS VOLÁTEIS ENCONTRADOS NA MAÇÃ

MEHAGIĆ <i>et al.</i>, 2006	KROKIDA e PHILIPPOPOULOS, 2006	MATTHEIS, FAH e ARGENTA, 2005	GUEDES <i>et al.</i>, 2004
(Z)-hexeno-3-ol 1-hexanal 1-hexanol 1-octanol 2-metilbutil acetato 2-metil butyl butanoato 2-metil propanol 2-metilpropil acetato Acetato de butila Butanoato de butila Propionato de butila Cânfora Etil 2-metilbutanoato Butanoato de etila Acetato de hexila	2-metil butanol 2-metil butil acetato 2-metilpropil acetato 2-metil propil acetato 4-metoxialil benzeno Butanol Butil acetato Butilhexanoato Butilpentanoato Butilpropionato Etil butirato Acetato de etila Hexanoato de etila Hexanol Acetato de hexila Hexanoato de hexila Propionato de hexila Antranilato de metila Acetato de metila Butanoato de metila Acetato de octila Acetato de pentila Acetato de propila Octanoato de propila Propionato de propila α -farneseno	1-butanol 1-hexanol 1-metoxi-4 (2-propenil) benzeno 1-pentanol 1-propanol 2-furancarboxaldeído 2-metil-1-butanol 2-metil-1-propanol 2-metilbutil 2-metil butanoato 2-metilbutil acetato 2-metilpropil acetato 2-propanol 6-metil-5-heptano-2-1 Ácido acético Benzaldeído Butanol Butil 2-metilbutanoato Acetato de butila Butanoato de butila Hexanoato de butila Propanoato de butila Decanal Etanol Etil 2-metilbutanoato Acetato de etila Butanoato de etila Hexanoato de etila Octanoato de etila Pentanoato de etila Heptanal Hexanal Hexil 2-metil butanoato Hexil acetato Hexil butanoato Hexil hexanoato Hexil propanoato Metil 2-metilbutanoato Butanoato de metila Nonanal Octanal Pentanal Pentil acetato Pentil butanoato Acetato de propila Propil hexanoato Propanoato de propila	(E)-cinamalaldeído (E)-alcoól cinamílico (E)-epoxilinalol (Z)-3-hexeno-1-ol 2-(2-butoxiétoxi) etanol 2-etilhexanol 2-nonanol 2-octano-1-ol 2-feniltil acetato 2-feniltilálcool 3-metilbutanol 3-penteno-2-1 7-octano-4-ol Ácido acético Benzotiazol Álcool benzílico Ácido cáprico Ácido capríco Ácido caprílico Ácido cinâmico Dodecano Etanol Heptano Ácido heptanoico Hexadecano Hexanal Hexanol Ácido isovalérico Ácido láurico Linalol Metanol Octanoato de metila Metil(E)-cinamato Ácido nonanoico Pentadecano Ácido fenilacético Tetradecano Tolueno Ácido tridecanoico

JAIZANTTI, FRAIICO e WOSIACKI, 2003	JAIZANTTI, FRAIICO e LAIÇAS, 2000	MASSOH, 1999
Butanoato de metila Acetato de isobutila 2-metil butanoato de metila Hexanal Butanoato de etila Propionato de propila Acetato de butila 2-metil butanoato de etila Acetato de 2-metil butila Butanoato de propila Valerato de etila Propionato de butila Acetato de amila Hexanoato de metila 2-metil butanoato de propila Butanoato de butila Hexanoato de etila Acetato de hexila Acetato de ciclohexila 2-metil butanoato de butila Hexanoato de propila Propanoato de hexila 2-metil butanoato de amila Hexanoato de butila Butanoato de hexila 2-metil butanoato de hexila Hexanoato de isoamila Hexanoato de hexila Octanoato de isoamila α -farneseno	2-metil butanoato de amila 2-metil butanoato de butila 2-metil butanoato de etila 2-metil butanoato de hexila 2-metil butanoato de metila 2-metil butanoato de propila Acetato de 2-metil butila Acetato de amila Acetato de butila Acetato de ciclohexila Acetato de hexila Acetato de isobutila Butanoato de butila Butanoato de etila Butanoato de hexila Butanoato de metila Butanoato de propila Hexanal Hexanoato de butila Hexanoato de etila Hexanoato de hexila Hexanoato de isoamila Hexanoato de metila Hexanoato de propila Octanoato de isoamila Propanoato de hexila Propionato de butila Propionato de propila Valerato de etila α -farneseno	Etanol Acetaldeído Acetona Etil-acetato D-2-metilbutano-1-ol n-butanol Etil-metil-cetona n-butil-acetato 2-metilpropano-1-ol Propanal n-hexil-acetato Metanol Isobutanol n-heptil-acetato Isopropanol Isovaleraldeído Etil n-propionato C6- alcoóis n-hexanal Etil-2-metilbutirato

O Quadro 2 mostra a pesquisa dos compostos voláteis na maçã *Fuji* e seu respectivo suco em diferentes etapas de elaboração. De acordo com JANZANTTI, FRANCO e WOSIACKI (2003), a etapa de clarificação foi a que menos causou modificações na composição dos voláteis, enquanto que a pasteurização foi a que proporcionou as maiores perdas, totalizando 16 compostos.

QUADRO 2 - COMPOSTOS VOLÁTEIS ENCONTRADOS NA MAÇÃ *FUJI* E SEU RESPECTIVO SUCO EM DIFERENTES ETAPAS DE PROCESSAMENTO

FRUTA E SUCO	SUCO
JANZANTTI, FRANCO e WOSIACKI, 2003	MASSIOT <i>et al.</i> (1994) citado por NOGUEIRA e WOSIACKI, 2005.
Butanoato de metila	2-metil 1-propanol
Acetato de isobutila	3 metil butil acetato
2-metil butanoato de metila	Butanol
Hexanal	3 metil 1 butanol
Butanoato de etila	1 pentanol
Propionato de propila	Hexil acetato
Acetato de butila	3-hidroxi-2 butanona
2-metil butanoato de etila	Hexanol
Acetato de 2-metil butila	Etil 3 hidroxi-butirato
Butanoato de propila	2,3-butanodiol
Valerato de etila	2-metil ácido propanoico
Propionato de butila	Butirolactona
Acetato de amila	2-Metil ácido butanoico
Hexanoato de metila	Álcool benzílico
2-metil butanoato de propila	2-Fenil etanol
Butanoato de butila	Etil tetradecanoato
Hexanoato de etila	Ácido octanóico
Acetato de hexila	
Acetato de ciclo hexila	
2-metil butanoato de butila	
Hexanoato de propila	
Propanoate hexila	
2-metil butanoato de amila	
Hexanoato de butila	
Butanoato de hexila	
2-metil butanoato de hexila	
Hexanoato de isoamila	
Hexanoato de hexila	
Octanoato de isoamila	
α -farneseno	

QUADRO 3- COMPOSTOS VOLÁTEIS ENCONTRADOS NA SIDRA

XU, ZHAO e WANG, 2006	NOGUEIRA e WOSIACKI, 2005	YULIANTI, REITMEIER e BOULSTON, 2004	CROOK, BOYLSTON e GLATZ, 2004
1-butanol	2-metil 1-propanol	2-metil butil acetato	(E)-2-decenal
1-hexano	3 metil butil acetato	Acetato de butila	(E)-2-hexenal
1-propanol	Butanol	Butanoato de butila	(E)-2-nonenal
Álcool isobutílico	3 metil 1 butanol	Etil metil butanoato	1-butanol
2-fenil acetato	1 pentanol	Butanoato de etila	1-decanol
Álcool 2- feniletíl	Hexil acetato	Hexanoato de etila	1-hexanol
Succinato dietila	3 Hidroxi-2 butanona	Hexanal	1-metilpropil acetato
Etil 9-decenoato	Hexanol	Hexanol	1-octanol
Acetato de etila	Etil 3 hidroxi-butirato	Acetato de hexila	1-octan-3-ol
Butirato de etila	2,3 Butanodiol	Hexil butanoato	2-metilbutil acetato
Decanoato de etila	2 metil ácido propanoico	Hexil 2-metil-butanoato	3-pentil acetato
Hexanoato de etila	Butirolactona	Acetato de isopropila	Benzaldeído
Lactato de etila	2 Metil ácido butanoico	Metil 2-metil pentanoato	Acetato de benzila
Etil octanoato	Álcool benzílico	Pentil acetato	Butil 2-metilbutanoato
Palmitato de etila	2 Fenil etanol	α -farneseno	Acetato de butila
Isoamil acetato	Etil tetradecanoato	β -farneseno	Butanoato de butila
Álcool isoamílico	Ácido octanoico		Propionato de butila
			Decanal
			Etanol

continua ...

continuação...

CROOK, BOYLSTON e GLATZ, 2004			
Etil 2-metilbutanoato Etil 2-metilpropionato Etil butanoato Etil hexanoato Etil propionato Heptil acetato	Hexanal Hexil 2-metilbutanoato Hexil acetato Hexil butanoato Hexil hexanoato Hexil propionato	Isopropil 2-metilbutanoato Metil 2-metilbutanoato Nonanal p-alil anisol Pentanol	Pentil acetato Pentil butanoato Propanol Propil butanoato Propil hexanoato α -farneseno
HERRERO, GARCIA e DIAZ, 2003	PICINELLI, et al, 2000	MANGAS et al., 1996	JARVIS, FORSTER, KINSELLA, 1995
1-propanol 2-metil-1-propanol Álcool 2-metilbutil Álcool 3-metilbutil Acetato de etila Metanol	1-butanol 1-propanol 2-feniletanol Acetaldeído Amílico Etil acetato Etil lactato-hexanol Isobutanol Metanol	1-butanol 2,3 (R.R-S.S)-butanodiol 2,3-butanodiol (mesoforma) 2-feniletanol 2-feniletill acetato 3-(metiltio)-1-propanol 4-etilfenol Acetoína Álcool amílico Álcool benzílico Ácido cáprico Ácido caprílico Dietil succinato Dihidro-2(3H)-furano-1 Etil caprato Etil caprilato Etil lactato Etil laurato Etil palmitato i-amil acetato Isobutanol Ácido Láurico Ácido Mirístico	Etanol Heptanol Hexanol -1-ol 2,3 metil butanol 1-ol 2 fenil etanol Acido málico Acido acético Acido butírico Acido hexanoico Acido nonacoico Acido octanoico Acido succínico Acetaldeído Benzaldeído Butilaldeído Hexanal Nonanal Piruvato Decalactona Amil acetato Butil acetato Dietil succinato Metil pentanoato Etil acetato Etil benzoato Etil butirato Etil haxanoato Etil guaicol Etil lactato Etil 2 etil 3 metilbutirato Etil octanoato Etil decanoato Etil dodecanoato Dietil succinato Diacetil 2 metil propanol

O Quadro 4 apresenta o resumo dos principais compostos voláteis encontrados por diversos autores na maçã, no suco e na sidra.

4.1 METODOLOGIA INSTRUMENTAL NA AVALIAÇÃO DO AROMA

A pesquisa do aroma é complexa, pois requer preparo cuidadoso da amostra. O alimento, matriz susceptível a alterações, exige o uso de instrumentos caros e sofisticados como cromatógrafo a gás e espectrômetro de massa (CG/EM). Os aromas estão presentes em quantidades muito pequenas, são instáveis, e qualquer aumento na temperatura durante o preparo da amostra acarreta reações químicas que modificam sua composição original (FRANCO e JANZANTTI, 2003).

**QUADRO 4 - PRINCIPAIS COMPOSTOS VOLÁTEIS ENCONTRADOS
NA MAÇÃ, SUCO E SIDRA**

Maçã	Suco	Sidra
Hexanal	2-metil butanoato de amila	1-butanol
1-hexanol	2-metil butanoato de butila	1-propanol
Butilacetato	2-metil butanoato de etila	1-Hexanol
Hexilacetato	2-metil butanoato de hexila	Etil Acetato
2-metilbutilacetato	2-metil butanoato de metila	Etil hexanoato
2-metilpropilacetato	2-metil butanoato de propila	Metanol
Butil butanoato	Acetato de 2-metil butila	Etil lactato
Butil propionato	Acetato de amila	Álcool isoamílico
Etil 2-metilbutanoato	Acetato de butila	Álcool amílico
Etil butanoato	Acetato de ciclo hexila	2-metil butil acetato
Butilhexanoato	Acetato de hexila	Butil acetato
Etilhexanoato	Acetato de isobutila	Butil butanoato
Hexil hexanoato	Butanoato de butila	Etil 2-metil butanoato
2-metilbutil butanoato	Butanoato de etila	Etil butanoato
2-metil-1-propanol	Butanoato de hexila	Hexanal
Ácido Acético	Butanoato de metila	Hexil acetato
Etilacetato	Butanoato de propila	Hexil butanoato
Hexil 2-metilbutanoato	Hexanal	Hexil-2-metil-butanoato
Hexil butanoato	Hexanoato de butila	Pentil acetato
Hexil propanoato	Hexanoato de etila	α -farnesene
Metil 2-metilbutanoato	Hexanoato de hexila	
Metil butanoato	Hexanoato de isoamila	
Pentil acetato	Hexanoato de metila	
Propilacetato	Hexanoato de propila	
Propil hexanoato	Octanoato de isoamila	
	Propanoato de hexila	
	Propionato de butila	
	Propionato de propila	
	Valerato de etila	
	α -farneseno	

A metodologia para avaliação do aroma compreende as seguintes etapas: isolamento dos compostos voláteis, separação dos compostos voláteis por cromatografia de alta resolução, análise sensorial e identificação dos compostos voláteis (THOMAZINI e FRANCO, 2000).

O isolamento dos compostos voláteis pode ser realizado pela análise total ou pela análise do *headspace* (expressão adaptada para a fase gasosa em equilíbrio com a matriz do alimento) (FRANCO e JANZANTTI, 2003). A análise total compreende a análise de todos os compostos voláteis presentes no alimento. Isolam-se os compostos voláteis por destilação com posterior extração por solvente para concentração. Nessa análise podem ocorrer perdas ou modificações na composição e presença de impurezas (FRANCO e JANZANTTI, 2003). Segundo BASTOS *et al.* (2002), o sistema de destilação–extração simultâneo de Nickerson-Likens (que emprega calor) tem sido uma das técnicas utilizadas pelos pesquisadores. No entanto, o aquecimento durante essa etapa leva à formação de compostos furânicos. Em função da metodologia aplicada pode ocorrer ainda a discriminação de alguns compostos devido sua volatilidade e massa molar. Outra abordagem seria a análise do *headspace*, escolha que vem oferecendo resultados significativos e reprodutíveis. Nessa técnica, o estudo da amostra (líquida ou sólida) é substituído pela análise da fase gasosa em equilíbrio com a fase líquida ou sólida da amostra (THOMAZINI e FRANCO, 2000). A análise do *headspace* não depende da concentração e da pressão de vapor dos compostos voláteis presentes, mas de todos os componentes da matriz (lipídios, carboidratos e proteínas que exercem influência na estabilidade e liberação dos compostos responsáveis pelo aroma). As vantagens dessa análise são: (1) pouco manuseio da amostra; (2) coleta contínua dos compostos voláteis (realizada a vácuo) mediante uma armadilha composta por materiais adsorventes (Porapak e Tenax), que posteriormente serão eluídos da armadilha por solvente orgânico; (3) envolve isolamento e enriquecimento dos voláteis em temperatura ambiente; (4) evita a destruição da amostra; (5) permite estudos qualitativos e quantitativos; (6) proporciona alta reprodutibilidade; (7) mantém a integridade química das moléculas; e (8) apresenta baixo custo (FRANCO e JANZANTTI, 2003).

A separação dos compostos voláteis requer cromatografia a gás de alta resolução. As colunas capilares são utilizadas pela alta resolução e eficiência. Os injetores também evoluíram, sendo os tipos *split-splitless*, *on-column* e *programmed temperature vaporizer* (PTV) os mais utilizados (FRANCO e JANZANTTI, 2003).

A associação de cromatógrafos a gás a espectrômetros de massa (CG-EM) permitiu o avanço na identificação dos compostos voláteis. Padrões puros e o índice de retenção de Kovats têm auxiliado na identificação dos compostos (FRANCO e JANZANTTI, 2003).

Além do emprego de técnicas como cromatografia a gás e espectrometria de massas, as avaliações sensoriais devem ser correlacionadas com avaliações instrumentais a fim de produzir resultados com aplicações práticas (BASTOS, DA SILVA e FRANCO, 1998). Após a separação dos compostos voláteis, a avaliação sensorial realizada por técnicas olfatométricas pode indicar os compostos voláteis odoríferos. Nem todos os picos dos cromatogramas representam compostos voláteis odoríferos, assim como o tamanho dos picos não é indicativo da contribuição efetiva do composto para a descrição do aroma (THOMAZINI e FRANCO, 2000). A avaliação sensorial dos compostos voláteis teve grande avanço nos últimos anos, sendo as técnicas de cromatografia a gás-olfatométricas utilizadas por reportar de fato a importância odorífera de cada composto volátil no aroma e sabor dos alimentos (Da SILVA, SAMPAIO e BERTOLINI, 2003).

A cromatografia a gás-olfatométrica (CG-O) tem sido utilizada por vários autores e para diversos tipos de alimentos por permitir a identificação dos aromas de impacto no produto e a caracterização dos mais importantes. Da SILVA *et al.* (1993) estudaram as propriedades do aroma e estabilidade de *snack* à base de milho e GARRUTI (2001) a composição de voláteis e qualidade de aroma de vinho de caju. JORDÁN *et al.* (2002) avaliaram os componentes ativos aromaticamente na goiaba e essência de goiaba por CG-O e BASTOS *et al.* (2002) a composição de voláteis e o perfil de aroma de méis de eucalipto e de laranja. SCHULBACH, ROUSEFF e SIMS (2004) pesquisaram as propriedades sensoriais de cinco variedades de morango e FALCÃO *et al.* (2008) estudaram os componentes de impacto no aroma de vinhos brasileiros.

A olfatometria, baseada nos estudos de tempo-intensidade, mede a velocidade, duração e intensidade percebida de determinado estímulo sensorial (THOMAZINI e FRANCO, 2000).

Para JORDÁN *et al.* (2002), a real contribuição de cada componente na qualidade aromática da fruta pode ser somente conhecida por estudo da atividade do aroma de cada componente. A CG-O tem se mostrado como método poderoso para determinação dos compostos chave de aroma em alimentos.

De acordo com SINGLETON e PATTEE (1978), citados por THOMAZINI e FRANCO (2000), as técnicas "sniffing", Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA), Combined Hedonic Response Measurement (CHARM) e Oregon State Method (OSME) são baseadas na olfação dos compostos eluídos da coluna cromatográfica. Na análise por "sniffing", um divisor posicionado na saída da coluna cromatográfica promove a distribuição do fluxo do eluente para tubo de sílica fundida desativada e para o detetor de ionização de chama. O tubo de sílica permite a comunicação com o ambiente externo e a olfação dos vários compostos eluídos, os quais simultaneamente são detectados e registrados. Julgadores não treinados utilizam suas próprias palavras para descrever a qualidade odorífera dos compostos voláteis eluídos. As análises olfatométricas por AEDA, CHARM e OSME são mais recentes e permitem determinar, tanto a qualidade como a intensidade odorífera dos compostos voláteis, indicando o grau de contribuição de cada composto volátil na formação do aroma. A técnica denominada OSME permite avaliação direta da qualidade e da intensidade dos compostos odoríferos eluídos da coluna cromatográfica pelos julgadores, evitando as várias diluições exigidas pela AEDA e CHARM. Dessa forma, requer menor tempo de análise e fornece o aromagrama correspondente ao cromatograma. Segundo MATA *et al.* (2004) outra técnica empregada na extração de compostos voláteis de alimentos desenvolvida em 1990 por ARTHUR e PAVLISZYN é a microextração por fase sólida (SPME). Essa técnica apresenta muitas vantagens, como simplicidade e rapidez, não exige solvente, tem baixo custo e pode ser aplicada na análise de aromas de amostras sólidas, líquidas e gasosas, especialmente na triagem de compostos voláteis.

Para MANGAS *et al.* (1996), os compostos voláteis exercem relevante função na qualidade da sidra, entretanto é muito importante o conhecimento da formação dos aromas durante sua elaboração. Diferentes métodos têm sido usados em vários meios complexos como, por exemplo, a técnica do *headspace*, destilação e extração supercrítica, *trapping* sobre polímeros porosos, extração sólido-líquido sobre resinas, destilação extração simultânea e extração contínua com solvente em batelada. Tais autores afirmaram que o método proposto para o uso de GC-MS atingiu bons resultados para determinação de alcoóis, ésteres, lactonas, fenóis e ácidos graxos, porém para cadeias curtas de ácidos graxos não houve extração.

Segundo LAVILLA *et al.* (1999), a qualidade sensorial de alimentos também depende do sabor. Em maçãs, o sabor é determinado pela relação acidez/açúcar e textura. Pesquisas correlacionando medidas analíticas com medidas sensoriais são limitadas. Com o objetivo de analisar a relação entre a produção de voláteis e a avaliação sensorial em maçãs Granny Smith estocadas em diferentes tratamentos de atmosfera controlada, LAVILLA *et al.* (1999) utilizaram o método de *headspace dinâmico* para extração dos compostos voláteis depois quantificados por referência ao padrão interno (butilbenzeno). Segundo esses autores, os compostos voláteis foram identificados e quantificados no dia da colheita e as quantidades desses foram menores do que após diferentes períodos de estocagem refrigerada. Quinze compostos voláteis foram detectados, sendo 11 ésteres que constituem mais de 84% dos compostos de aroma totais emitidos. Etil propionato, propilacetato, butil acetato e 2 metil propilacetato representam 59,4% da fração total do aroma.

Segundo FRANCO e JANZANTTI (2003), o método do *headspace dinâmico* é utilizado desde os anos 90 para verificar a liberação dos compostos do aroma no alimento. A análise do *headspace* reflete o equilíbrio dos voláteis entre a fase gasosa e a matriz do alimento e, portanto, o aroma do produto. No entanto, não reflete o sabor percebido quando o alimento é consumido porque o processo que acontece na boca influencia a liberação do sabor sob vários aspectos. Nesse sentido, foram desenvolvidas algumas ferramentas chamadas de *oral breath sampler* e *nose sampler*. A primeira permite a realização de análises cromatográficas e olfatométricas do vapor oral liberado durante o consumo do alimento, que são adsorvidos em Porapak ou Tenax (materiais adsorventes). Já o segundo sistema permite analisar os compostos no ar expirado pelos narizes de pessoas enquanto se alimentam. Os autores citam que ainda falta sensibilidade ao sistema para análise dos componentes ativos em quantidade de traços. Foi verificado que o perfil dos voláteis no *headspace*, na cavidade bucal (*mouth space*) e na cavidade nasal (*nose space*) podem ser muito diferentes.

5 AVALIAÇÃO SENSORIAL

A percepção de atributos sensoriais como cor, aparência, aroma, sabor e textura são fatores decisivos para a aceitação do produto pelos consumidores (PAL, SACHDEVA e SINGH, 1995; DUXBURY, 2005).

Para alcançar o objetivo de desenvolver produtos de ótima aceitabilidade sensorial deve-se identificar as propriedades e níveis em que são importantes para a aceitabilidade. Existe de fato, grande número de combinações de características e de seus respectivos níveis que podem produzir alimento enquadrado no rol dos produtos altamente aceitáveis. Teoricamente, existe um conjunto de propriedades sensoriais e de atributos físicos e químicos (analíticos) que se presentes em determinado produto conduzirão à ótima aceitação (SCHUTZ, 1998).

Segundo BASTOS *et al.* (2002), a correlação da análise sensorial com a instrumental têm ganho credibilidade e espaço, pois permite classificar produtos de acordo com critérios e prever a qualidade sensorial a partir de medidas.

Para a melhoria dos sistemas de processamento, o entendimento das reações físicas e químicas que ocorrem durante a transformação da fruta *in natura* em produtos derivados e sua relação com as características sensoriais é de extrema importância. Isso possibilita a avaliação indireta das características sensoriais por meio de análises instrumentais (ALMEIDA *et al.*, 1999). Além disso, a

avaliação das correlações entre essas características auxilia o entendimento dos fatores que alteram o perfil sensorial do alimento, contribuindo para a otimização dos processos de produção (ALMEIDA *et al.*, 1999; PEDRÃO *et al.*, 1999).

O uso de equipes especialmente treinadas para descrever suas reações aos produtos permite obter informações sobre seus atributos, independentemente de qualquer influência de preferência (STONE, McDERMOTT e SIDEL, 1991).

Segundo MEILGAARD, CIVILLE e CARR, (1988), a validação e confiança das medidas de intensidade que expressam o grau em que cada característica (termo ou componente qualitativo) está presente dependem da seleção de escala (deve ser ampla para englobar todo o alcance de intensidade do parâmetro e que tenha pontos intermediários suficientes para discriminar todas as pequenas diferenças de intensidade entre as amostras); e do treinamento dos julgadores para que usem a escala de maneira similar para todas as amostras e durante todo o decorrer das análises.

Para OLIVEIRA e BENASSI (2003), a análise sensorial tem se mostrado muito eficiente na avaliação da qualidade de alimentos pela habilidade para identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, detectando particularidades do produto não medidas por outras técnicas. A análise sensorial descritiva é um dos métodos mais sofisticados para avaliação de produtos, utilizando equipe de julgadores que desenvolve descritores e emprega escalas para medir suas intensidades, caracterizando e descrevendo atributos sensoriais das amostras estudadas. O uso da análise sensorial descritiva vem crescendo devido à sua aplicabilidade para controle de qualidade, desenvolvimento de produtos e processos e estudos de vida-de-prateleira (MURRAY, DELAHUNTY e BAXTER, 2001). Outra metodologia descritiva aplicada à análise sensorial de vinhos foi desenvolvida pela Universidade da Califórnia em Davis (UCD), denominada “Análise Descritiva de UCD”. Baseia-se na ADQ e utiliza equipe treinada segundo a “terminologia padrão modificada de aromas em vinho,” popularmente conhecida como “roda de aromas em vinho”. A roda de aromas em vinho foi desenvolvida por NOBLE *et al.* (1987), conforme BEHRENS e DA SILVA (2000), com o objetivo de fornecer à equipe sensorial referências de aromas universalmente encontrados em vinhos antes da etapa de desenvolvimento da terminologia descritiva. De acordo com esses autores, a roda de aromas constitui esforço de padronização dos termos empregados para descrever e quantificar aromas em vinhos de tal forma que os resultados obtidos por pesquisadores de vários países possibilitem comparações. O perfil livre é outra técnica de análise sensorial descritiva. De acordo com BENASSI, DAMÁSIO e CECCHI (1998) o julgador tem liberdade para utilizar os termos descritivos na quantidade e da maneira que desejar, eliminando desta forma o treinamento da equipe. Cada julgador desenvolve lista própria de atributos e definições para avaliar as amostras. Essa técnica foi descrita pela primeira vez para a avaliação de vinhos e baseia-se no princípio de que as pessoas percebem as mesmas características no produto, mesmo que se expressem de forma diferenciada. Sua comparação com a análise descritiva convencional mostrou resultados similares, apresentando a vantagem de contornar problemas na utilização de escalas e melhor repetibilidade de resultados dos julgadores. A literatura descreve o uso do perfil livre para avaliação de produtos bem diferenciados: frutas, hortaliças, bebidas (vinhos, sidra), géis (de laranja, pectina e gelatina), amêndoas e café, chocolate, produtos lácteos (leite, sorvete e queijos), azeite e produtos cárneos (peixes, aves e embutidos). A caracterização pelo perfil livre para diferentes produtos vem sendo comparada aos dados obtidos por outras técnicas descritivas com bons resultados.

Para MONTEIRO *et al.* (2005), a percepção do aroma, do sabor e da textura constitui fenômeno dinâmico e não estático, sendo de suma importância a aplicação da análise tempo-intensidade como forma de avaliação de um alimento. A associação da percepção humana com recursos da informática permite obter informações sobre qualquer característica sensorial pré-estabelecida na avaliação de amostras como, por exemplo, velocidade, tempo de percepção e intensidade do estímulo (MONTEIRO *et al.* (2005); CARDELLO e FARIA, 1998).

De acordo com QUEIROZ e TREPTOW (2006), a análise sensorial é insubstituível no desenvolvimento de especificações para definir propriedades efetivamente subjetivas e que são fundamentais para a aceitação e preferência do consumidor. Assim, torna-se indispensável na indústria

de alimentos para o desenvolvimento de novos produtos, modificação de produtos já existentes, otimização de processos, redução de custos e para pesquisa de mercado.

6 CONCLUSÃO

O aroma fundamental da maçã deve-se a quatro ésteres: o acetato de etila, o acetato de isoamil, o hexanoato de etila e o acetaldeído. Ésteres (acetatos, propanoatos, 2 metil butanoatos e butanoatos) e aldeídos C₆ são considerados importantes para o aroma de maçãs.

Maçãs da cultivar Fuji revelaram a presença de 84 compostos voláteis, sendo encontrados em maior proporção os ésteres acetato de butila, acetato de 2-metil butila, acetato de hexila e o hidrocarboneto sesquiterpeno α -farneseno. Durante o processamento não ocorre a formação de novos compostos voláteis, cujas mudanças são quantitativas, porém a redução desses compostos após pasteurização do suco acarreta perda de notas aromáticas no produto final.

Os aldeídos insaturados e compostos da fermentação como o isobutanol e o correspondente acetato são importantes para a intensidade do odor do suco de maçã. Os compostos voláteis relevantes para o aroma do suco de maçã são: trans-2-hexenal, cis-3-hexenal, trans-2-hexenol, cis-3-hexenol, etil butirato e etil-2-metil-butirato. Os compostos voláteis desejáveis para o aroma de suco de maçã são: hexanal, benzaldeído, propilbutirato, pentilacetato, 2-pentanona e isobutilacetato. Os compostos de maior intensidade do aroma são: trans-2-hexenal, cis-3-hexenal, isobutanol e isobutilacetato.

O aroma da sidra é constituído por alcoóis superiores, tais como os amílicos (2-fenil-etanol, butanol, 2-3 butanodiol e isobutanol) e ésteres (como o acetato de etila), sendo alguns compostos próprios da maçã (como o butanol) e outros oriundos da fermentação (como os alcoóis amílicos e o acetato de etila).

As pesquisas têm acrescentado muitos conhecimentos nas técnicas para avaliação dos compostos voláteis em alimentos, especialmente em bebidas alcoólicas, podendo-se identificar se são provenientes da fruta ou do processo fermentativo e descrever cada componente volátil e sua concentração. Esse avanço na ciência em relação à identificação e quantificação dos compostos voláteis possibilita conhecer (no caso de bebidas fermentadas como a sidra) o momento da formação dos compostos voláteis mais importantes e que geram impacto sensorial positivo no consumidor. Isso permite a elaboração de produto com qualidade superior e aceito por indicar o momento ideal para concluir o processo fermentativo, diminuindo custos e trazendo benefícios para a indústria e consumidores, cada vez mais exigentes em função da grande facilidade de encontrar produtos diferenciados no mercado.

ABSTRACT

AROMAS IN APPLE JUICE AND CIDER – A REVIEW

An approach to apple and to fermented apple beverage aromas is made as a review comprehending the main aromatic compounds found in the fruit and its beverage like apple juice and cider. Due to the importance of the aroma in processed products, the main methodologies used in the evaluation, specially the gas chromatography – olfactometry (CG-O) that correlates instrumental and sensorial measures. It can be observed that in the researches much knowledge has been added in methodologies for evaluation of volatiles compounds in foods and it is possible to describe any compound and to determine its concentration as well as its source (if it comes from the raw material or from the fermentative process). This advance in science related to identification and quantification of the volatiles compounds allows to know the right moment of formation from the more important ones able to create an positive sensorial impact in the consumer.

KEY-WORDS: AROMA; APPLE; APPLE JUICE; CIDER; GAS CHROMATOGRAPHY OLFATOMETRY.

REFERÊNCIAS

- 1 ABPM. Associação Brasileira de Produtores de Maçã. **Dados estatísticos sobre a cultura da macieira**. Disponível em: <<http://www.abpm.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2004.

- 2 ALMEIDA, T.C.A.; FOLEGATTI, M.I.S.; FREIRE, M.T.A.; MADEIRA, M.S.; SILVA, F. T.; SILVA, M.A.A.P. Determinação do perfil sensorial e parâmetros de qualidade de figos em calda produzidos pela indústria brasileira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 234-240, maio-ago. 1999.
- 3 ARMSTRONG, D.W.; BROWN, L.A. Aliphatic, aromatic, and lactone compounds. In: BIOPROCESS production of flavor, fragrance and color ingredients. New York: Wiley & Sons 1995. p. 41-94.
- 4 BASTOS, D.H.M.; FRANCO, M.R.B.; DA SILVA, M.A.A.P.; JANZANTTI, N.S.; MARQUES, M.O.M. Composição de voláteis e perfil de aroma e sabor de méis de eucalipto e laranja. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 122-129, maio-ago. 2002.
- 5 BASTOS, D.H.M.; DA SILVA, M.A.A.P.; FRANCO, M.R.B. Otimização da etapa de isolamento dos compostos voláteis de mel para análise por cromatografia gasosa. **Alim. Nutr.**, São Paulo, v. 9, p.77-88, 1998.
- 6 BEHRENS, J.H.; DA SILVA, M.A.A.P. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v. 20, n. 1, p. 60-67, jan./abr. 2000.
- 7 BENASSI, M.T.; DAMÁSIO, M.H.; CECCHI, H.M. Avaliação sensorial de vinhos riesling itálico nacionais utilizando perfil livre. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, p. 265-270, ago./out. 1998.
- 8 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto 3510**, de 16 de junho de 2000. Altera dispositivos do regulamento aprovado pelo Decreto 2314, de 04 de setembro de 1997, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta>>. Acesso em: 05 abr. 2007.
- 9 CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 169-175, maio-jul. 1998.
- 10 CHERUBIN, R.A. **Agroindústria da maçã**. Ponta Grossa, 1996. 120 p. Relatório final de estágio na área de agroindústria de maçã (subsidiado pelo programa RHAÉ – agroindústria através do CNPq em nível de desenvolvimento tecnológico e industrial DTI), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- 11 CHIAPPINI, C.C. de J. **Aromas naturais produzidos por microrganismos**. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=28&id=325>>. Acesso em: 13 out. 2007.
- 12 CHIQUETTO, N.C. **Produto vinificado espumante de maçã obtido com células imobilizadas**. São Paulo, 1997. 102 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica), Universidade São Paulo.
- 13 CHIQUETTO, N.C. **Avaliação do processo biotecnológico e determinação das condições de desalcoolização da bebida obtida por fermentação controlada de suco de maçã**. Curitiba, 2004. 107 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná.
- 14 CLETO, F.V.G.; CONSOLINI, F. Legislação brasileira de bebidas. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e Mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 1-20.
- 15 CROOK, L.R.; BOYLSTON, T.D.; GLATZ, B.A. Effect of gas environment and sorbate addition on flavor characteristics of irradiated apple cider during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 23, p. 6997-7004, 2004.
- 16 DA SILVA, M.A.A.P.; SAMPAIO, K.L.; BERTOLINI, A.C. CG-Olfatometria (CGO): uma revisão. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 29-46.
- 17 DA SILVA, M.A.A.P.; ELDER, V.; LEDERER, C.L.; LUNDAHL, D.S.; McDANIEL, M.R. Flavor properties and stability of a corn-based snack: relating sensory, gas chromatography, and mass spectrometry data. In: CHARALAMBOUS, A. (Org.). **Shelf-life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1993. p. 707-738.
- 18 DÜRR, P.; SCHOBINGER, U. The contribution of some volatiles to the sensory quality of apple and orange juice odour. In: FLAVOUR. Berlin: Walter de Gruyter & Co., 1981. p. 179-193.
- 19 DUXBURY, D. Flavor analysis integral to product development. **Food Technology**, v. 59, n. 2, 60-62, 2005.
- 20 FALCÃO, L.D.; REVEL, G.; ROSIER, J.P.; BORDIGNOS-LUIZ, M. T. Aroma impact components of Brazilian Cabernet Sauvignon wines using detection frequency analysis (CG-olfactometry). **Food Chemistry**, v. 107, p. 497-505, 2008.
- 21 FERTONANI, H.C.R.; SIMÕES, D.R.S.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Potencial da variedade *Joaquina* para o processamento de suco clarificado e vinho seco de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 434-440, abr./jun. 2006.
- 22 FRAILE, P.; ANCÍN GARRIDO, J. Influence of a *Saccharomyces cerevisiae* selected strain in the volatile composition of rose wines. Evolution during fermentation. **J. Agric. Food Chem**, v. 48, p.1789-1798, 2000.

- 23 FRANCO, M.R.B.; JANZANTTI, N.S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 17-28.
- 24 GARRUTI, D.S. **Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju**. Campinas, 2001. 218 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- 25 GATFIELD, I.L. Enzymatic and microbial generation of flavor. **Perfumer & Flavorist**, v. 20, p. 5-14, 1995.
- 26 GUEDES, C.M.; PINTO, A.B.; MOREIRA, R.F.A.; DE MARIA, C.A.B. Study the aroma compounds of rose apple (*Syzygium jambos* Alston) fruit from Brazil. **Eur. Food Res. Technol.**, v. 219, p. 460-464, 2004.
- 27 HERRERO, M.; GARCIA, L.A.; DIAZ, M. The effect of SO₂ on the production of ethanol, acetaldehyde, acids organics, and favor volatiles during industrial cider fermentation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 11, p. 3455-3459, 2003.
- 28 HUBERT, C.; BRUNERIE, P.; LE QUERE, J.M.; DRILLEAU, J.F. Lès composés volatiles du cidre: extraction rapide et dosage. **Sciences des Aliments**, v. 10, n. 3, p. 603-618, 1990.
- 29 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados de previsão de safra**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?z=t&o=23&i=P> Acesso em: 13 out. 2007.
- 30 JANZANTTI, N.S.; FRANCO, M.R.B.; LANÇAS, M.F. Identificação de compostos voláteis de maçãs (*Malus domestica*) cultivar *Fuji*, por cromatografia gasosa-espectrometria de massas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 20, n. 2, p. 164-171, maio-ago. 2000.
- 31 JANZANTTI, N.S.; FRANCO, M.R.; WOSIACKI, G. Efeito do processamento na composição de voláteis de suco clarificado de maçã *Fuji*. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 523-528, set./dez. 2003.
- 32 JARVIS, B.; FORSTER, M.J.; KINSELLA, W. P. Factors affecting the development of cider flavor. **Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement**, v. 79, p.5S-18S. 1995.
- 33 JORDÁN, M.J.; MARGARIA, C.A.; SHAW, P.E.; GOODNER, K.L. Aroma active compounds in aqueous kiwi fruit essence and kiwi fruit puree by GC-MS and multidimensional GC/GC-O. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 19, p. 5386-5390, 2002.
- 34 JOSHI, V.K.; SANDHU, D.K. Influence of juice content on quality of apple wine prepared from apple juice concentrate. **Research and Industry**, v. 19, p. 250-252, Dez. 1994.
- 35 KROKIDA, M.K.; PHILIPPOPOULOS, C. Volatily in apples during air and freeze drying. **Journal of Food Engineering**, v. 73, p. 135-141, 2006.
- 36 LAVILLA, T.; PUY, J.; LÓPEZ, M.L.; RECASENS, I.; VENDRELL, M. Relationships between volatile production, fruit quality and sensory evaluation in Granny Smith apples stored in different controlled-atmosphere treatments by means of multivariate analysis. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 47, p. 3791-3803, 1999.
- 37 LEGUERINEL, J.J.; CLERET, C.M.; BOURGEOIS, P.; MAFART, I. Essai d'évaluation des caractéristiques organoleptiques des cidres par analyses instrumentales. **Sciences des Aliments**, v. 7, n. 2, p. 223-239, 1987.
- 38 LORRAIN, B.D.; BALLESTER, J.; THOMAS-DANGUIN, T.; BLANQUET, J.; MEUNIER, J.M.; LE FUR, Y. Selection of potential impact odorants and sensory validation of their importance in typical chardonnay wines. **Journal Agricultural Food Chemical**, v. 54, n. 11, p. 3973-3981. 2006.
- 39 MANGAS, J.J.; GONZÁLEZ, M.P.; RODRÍGUEZ, R.; BLANCO, D. Solid-phase extraction and determination of trace aroma and flavour components in cider by GC-MS. **Chromatographia**, v. 42, n. 1/2, p. 101-105, Jan. 1996.
- 40 MANLEY, C. H. Development and regulation of flavor, fragrance, and color ingredients produced by biotechnology. In: BIOPROCESS production of flavor, fragrance and color ingredients. New York: John Wiley & Sons, 1995. p. 19-39.
- 41 MARQUES, D.B.; PASTORE, G.M. Produção de aromas naturais por microrganismos. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 80-85, jan./jun. 1999.
- 42 MASSON, M. L. **Estudo da predição da solubilidade dos óleos essenciais de laranja e limão e aroma de maçã em dióxido de carbono pressurizado**. Campinas, 1999. 204 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas.
- 43 MATA, A.R.; NELSON, D.L.; AFONSO, J.C.F.; GLORIA, M.B.A.; JUNQUEIRA, R.G. Identificação de compostos voláteis da curcuma empregando microextração por fase sólida e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 151-157, jan./mar. 2004.
- 44 MATTHEIS, J. P.; FAN, X.; ARGENTA, L.C. Interactive responses of *Gala* apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 11, p. 4510-4516. 2005.

- 45 MEHINAGIC, E.; ROYER, G.; SYMONEAUX, R.; JOURION, F.; PROST, C. Characterization of odor-active volatiles in apples: influence of cultivars and maturity stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 2678-2687, 2006.
- 46 MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1988. 281 p.
- 47 MONTEIRO, M.A.M.; MINIM, V.P.R.; SILVA, A.F.; CHAVES, J.B.P.; CARDELLO, H.M.A. B. Perfil sensorial da bebida café (*Coffea arabica* L.) determinado por análise tempo-intensidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 772-780, out./dez. 2005.
- 48 MURRAY, J.M.; DELAHUNTY, C.M.; BAXTER, I.A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, v. 34, p. 461-471, 2001.
- 49 NOGUEIRA, A.; PRESTES, R.A.; SIMÕES, D.R.S.; DRILLEAU, J.F.; WOSIACKI, G. Análise dos indicadores físico-químicos de qualidade da sidra brasileira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n.2, p.289-298, jul./dez. 2003.
- 50 NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Sidra. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 383-422.
- 51 NOGUEIRA, A.; SWIECH, B.P.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Características físico-químicas e sensoriais de suco de maçã clarificado e fermentado. **Publicatio. UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 15-23, dez. 2006.
- 52 NOGUEIRA, A. **Tecnologia de processamento sidrícola: efeito do oxigênio e do nitrogênio na fermentação lenta da sidra**. Curitiba, 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais), Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná.
- 53 OLIVEIRA, A.P.V.; BENASSI, M.T. Perfil livre: uma opção para análise sensorial descritiva. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 37, supl., p. 66-72, 2003.
- 54 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). **Ciência Agropec.**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1336-1343, nov./dez. 2004.
- 55 PAL, D.; SACHDEVA, S.; SINGH, S. Methods for determination of sensory quality of foods: a critical appraisal. **Journal of Food Science Technology**, v. 32, n. 5, p. 357-367, 1995.
- 56 PEDRÃO, M.R.; BELEIA, A.; MODESTA, R.C.D.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H. Estabilidade físico-química e sensorial de suco de limão Tahiti natural adoçado, congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 282-286, maio-ago. 1999.
- 57 PEREIRA, A.J.; BONETI, J.I. da S.; BRIGHENTI, E.; DENARDI, F.; CAMILO, P.A. *Joaquina*: nova cultivar precoce de macieira resistente à sarna. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 16, n. 3, p.70-73, nov. 2003.
- 58 PICINELLI, A.; SUÁREZ, B.; MORENO, J.; RODRIGUES, R.; CASO GARCÍA, L.M.; PANDO BEDRIÑANA, R.M.; MANGAS, J.J. Técnicas analíticas en el control de calidad y caracterización de la sidra natura Asturiana. **Alimentaria**, v. 9, p. 129-136, sep. 2002.
- 59 PINHEIRO, D.M.; PASTORE, G.M. Produção biotecnológica de compostos de aromas. In: FRANCO, M.R.B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 195-206.
- 60 QUEIROZ, M.I.; TREPTOW, R.O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. Rio Grande: Editora da FURG, 2006. 268 p.
- 61 RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Rotas bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis em alimentos. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 177-194.
- 62 SANTOS, L.D.; PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Composição química de sucos provenientes de maçãs de dez diferentes genótipos. Safra 2002-2003. **Brazilian Journal Food Technology, Campinas**, v. 8, n. 2, p.87-91, abr./jun. 2005.
- 63 SCHULBACH, K.F.; ROUSEFF, R.L.; SIMS, C.A. Relating descriptive sensory analysis to gas chromatography/olfactometry ratings of fresh strawberries using partial least squares regression. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 7, p. 273-277, 2004.
- 64 SCHUTZ, H.G. Evolution of the sensory science discipline. **Food Technology**, v. 52, n. 8, p. 42-46, 1998.
- 65 SCOTT, J.A.; O'REILY, A.M. Co-immobilization of selected yeast and bacteria for controlled flavour development in an alcoholic cider beverage. **Process Biochemistry**, v. 31, n. 2, p. 111-117, 1996.
- 66 SHEFERD, R. Consumer attitudes and food acceptance. In: THOMSON, D. M. H. **Food acceptance**. New York: Elsevier, 1988. p. 253-266.

- 67 STONE, H.; McDERMOTT, B.J.; SIDEL, J.L. The importance of sensory analysis for the evaluation of quality. **Food Technology**, v. 45, n. 6, p. 88-95, 1991.
- 68 THOMAZINI, M.; FRANCO, M.R.B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 34, n. 1, p.52-59, jan./jun. 2000.
- 69 WELSH, F.W. Overview of bioprocess flavor and fragrance production. In: BIOPROCESS production of flavor, fragrance and color ingredients. New York: John Wiley & Sons, 1995. p. 1-18.
- 70 WONG, D.W.S. **Química de los alimentos: mecanismos y teoría**. Zaragoza: Acribia, 1995. p. 259-294.
- 71 WOSIACKI, G. Apple varieties growing in subtropical areas: the situation in *Paraná* - Brazil. **Fruit Processing**, v. 5, p. 177-182, 2001.
- 72 WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N.C.C. Brazilian apple production: a few years later. **Fruit Processing**, Chicago, v. 12, p. 472-475, 2000.
- 73 WOSIACKI, G.; PHOLMAN, B.C.; NOGUEIRA, A. Características de qualidade de cultivares de maçã: avaliação físico-química e sensorial de quinze cultivares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 347-352, jul./set. 2004.
- 74 WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Suco de maçã. In: VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 255-292.
- 75 WOSIACKI, G. Apple varieties growing in subtropical areas: the situation in Santa Catarina - Brazil. **Fruit Processing**, v. 12, n. 1, p. 19-28, 2002.
- 76 WOSIACKI, G.; KAMICOGA, A.T.M.; NEVES, J.F. Características do suco clarificado de maçãs. **Alimentos e Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 37, p. 76-79, 1991.
- 77 WOSIACKI, G.; CHERUBIN, R.A.; SANTOS, D.S. Cider processing in Brazil. **Fruit Processing**, v. 7, n. 7, p. 242-249, 1997.
- 78 XU, Y.; ZHAO, G.A.; WANG, L.P. Controlled formation of volatile components in cider making using a combination of *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora valbyensis* yeast species. **J. Ind. Microbiol Biotechnol**, v.33, p. 192-196, 2006.
- 79 YULIANTI, F.; REITMEIER, C.A.; BOULSTON, T.D. Consumer sensory evaluation and flavor analyses of pasteurized and irradiated apple cider with potassium sorbate. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 5, p.193-197, 2004.
- 80 ZARDO, D.M. **Avaliação do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em maçãs e seus produtos**. Ponta Grossa, 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.