

Estudo da aplicabilidade de corantes naturais na produção de papéis

The potential of the natural colorant extracts for paper dyeing

Autores: Eduarda de Magalhães Dias Frinhani* e Rubens Chaves de Oliveira*

Palavras-chave: corante natural, papel colorido, pH, refino, aditivo, coordenada de cor.

RESUMO

Este estudo teve o objetivo de avaliar o potencial dos extratos de corantes naturais norbixina, curcumina e clorofilina cúprica para coloração de papéis. Avaliaram-se as consistências de preparo da massa; consistências de formação do papel; pH de preparo da massa e níveis de refino. Na formação de papéis submetidos à colagem alcalina, avaliou-se a interação dos corantes naturais com outros aditivos comumente utilizados no preparo da massa – amido catiônico, sulfato de alumínio, agente de colagem alcalina (AKD) e carbonato de cálcio precipitado (PCC). Os resultados obtidos indicaram que maiores consistências de preparo de massa e formação da folha, bem como maiores níveis de refino, favorecem a retenção dos três corantes naturais, avaliada pelo aumento na saturação da cor (C^*). A norbixina e a curcumina apresentaram maior saturação da cor, em pH ácido. A clorofilina cúprica apresentou maior saturação da cor em pH 6, decaindo em valores imediatamente inferiores e superiores. Em geral, todos os compostos de alumínio e o amido

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the potential of the natural colorant extracts from norbixin, curcumin and copper chlorophyll for paper dyeing. The following evaluations were performed: the consistencies of stock preparation and papermaking; pH of the stock preparation; refining levels. Upon formation of the papers submitted to alkaline sizing, the interaction of the natural colorants with other ordinary additives used in stock preparation (cationic starch, aluminum sulfate, alkaline sizing agents – AKD and the precipitated calcium carbonate – PCC). The results obtained in laboratory pointed out that higher consistency in stock preparation and papermaking, as well as higher levels of refining rather favor the retention of these three natural colorants, as evaluated by the increased saturation of the color (C^). Both norbixin and curcumin showed higher color saturation under acid pH. The copper chlorophyllin exhibited a higher color saturation at pH 6, declining to values immediately inferior and superior. Generally, aluminum compound and the cationic starch contributed to the retention of the natural colorants. The addition of the PCC mineral fillers reduced the color saturation of the three colorants due to the tendency of the fillers to masking the colors of the papers. The natural colorants show to have potential for formation of alkaline and tissue papers, since they suffer no significant interference of the additives commonly added to the stock besides causing no changes in the physical-mechanical properties of the papers.*

catiônico auxiliaram na retenção dos corantes naturais. A adição da carga mineral PCC reduziu a saturação da cor dos três corantes, devido à tendência das cargas em mascarar a cor dos papéis. Os corantes naturais apresentam

potencial para formação de papéis alcalinos e absorventes, não sofrendo interferências significativas dos aditivos comumente adicionados à massa e não alterando as propriedades físico-mecânicas dos papéis.

*Laboratório de Celulose e Papel - Universidade Federal de Viçosa - MG
eduardafrinhani@unoescjba.edu.br

INTRODUÇÃO

A indústria papelreira adota, na maioria das vezes, corantes artificiais para coloração de papéis, devido aos seus maiores graus de estabilidade, pureza, disponibilidade e poder tintorial, bem como ao menor custo. O uso indiscriminado desses corantes, associado à sua toxicidade, tem sido questionado por certos segmentos da população, preocupados com uma melhor qualidade de vida, o que levou à proibição de vários corantes sintéticos em muitos países da Europa (MASCARENHAS, 1998).

Os corantes naturais de origem vegetal têm grande potencial como substitutos dos corantes artificiais em alimentos, cosméticos e tecidos (POPOOLA, 2000). Corantes naturais podem ser utilizados na coloração de papéis absorventes (guardanapo, papel-toalha, lenço, papel higiênico) e embalagens para alimentos e medicamentos, papéis destinados a trabalhos gráficos (fôlderes, cartões, capas, propagandas em revistas), além da aplicação em papéis artesanais, o que já é uma realidade. Assim, a parcela do mercado que opta pela compra de produtos naturais, oriundos de fontes renováveis, que agridadam menos a natureza, pode ser atendida, mesmo pagando mais caro por isso.

A indústria papelreira não incentivou o uso de corantes naturais, após a ascensão do corante sintético por motivos tecnológicos e econômicos. Nos últimos anos, porém, ocorreram grandes melhorias nas técnicas de extração e processamento dos corantes naturais, tornando-os mais competitivos. Novas tecnologias têm sido estudadas, procurando conseguir, já no processo extrativo, corantes com elevadas concentrações de pigmentos. Entre essas técnicas, destaca-se a extração com fluidos supercríticos, que têm as seguintes vantagens: menor efeito de degradação térmica, alta qualidade dos produtos recuperados, baixo requerimento de energia na recuperação do solvente e alta seletividade no processo de separação (CARVALHO, 1999; CHAO *et al.*, 1991).

O urucum representa mais de 80% do mercado de corantes naturais. A norbixina constitui a fração hidrossolúvel extraída das sementes de urucum, com

tonalidade alaranjada. A curcumina, o principal cromóforo da *Curcuma longa* L, confere coloração amarelo-ouro aos substratos e consta como o segundo corante natural mais comercializado. A clorofilina cúprica é obtida, a partir de extratos de clorofila extraídos de vegetais secos ou *in natura*, pela substituição do magnésio por um átomo de cobre, com o intuito de obter produtos mais estáveis, e confere coloração verde ao substrato (JAYAPRAKASHA, *et al.*, 2002, HE *et al.*, 1998; ISHII, *et al.*, 1995).

A adsorção das moléculas corantes com a polpa celulósica depende das características das moléculas corantes e das fibras, bem como das condições químicas do meio, como pH, condutividade, substâncias interferentes e polímeros aniônicos. Depende ainda das condições físicas de operação, tais como turbulência, temperatura, consistência da massa e ordem de adição (POPOOLA, 2000; SCOTT, 1996).

O uso de corantes naturais pela indústria papelreira requer o estudo das interações físico-químicas (que ocorrem entre as moléculas corantes e a fibra celulósica), das interações dos corantes com os outros aditivos, de seu comportamento no processo de fabricação do papel, de sua influência nas propriedades do produto final e das características do efluente gerado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se polpa kraft industrial de *Eucalyptus spp.*, branqueada por seqüência ECF, e os seguintes corantes naturais: **norbixina**, extraída das sementes de urucum, que confere cor alaranjada ao papel; **curcumina** hidrossolúvel, extraída da *Cur-*

cuma longa, de cor amarela, e **clorofilina cúprica** hidrossolúvel, extraída das folhas de espinafre, com coloração verde.

Os extratos corantes, previamente diluídos em água, foram adicionados à polpa refinada e homogeneizados a 10.000 revoluções em desagregador laboratorial do tipo Regmed. A concentração de extratos corantes base polpa seca foi de 0,5%. Exclusivamente para o extrato de clorofilina cúprica, adicionou-se também 0,5% de sulfato de alumínio base polpa seca.

Previamente se avaliaram diferentes condições de preparo da massa e formação da folha, objetivando maior retenção e avaliação do poder tintorial dos corantes, indicado pelas coordenadas de cor CIELab, determinadas em Datacolor Elrepho 2000.

Foram testados quatro níveis de consistência de preparo da massa (0,2%; 0,4%; 1,0% e 1,5%), quatro níveis de consistência de formação do papel (0,02%; 0,03%, 0,045% e 0,06%), quatro valores de pH de preparo da massa (4, 6, 7 e 8) e quatro níveis de refino. Avaliou-se a polpa não refinada (20°SR) e mais três níveis de refino: 1.000 revoluções (24°SR), 2.750 revoluções (30°SR) e 4.000 revoluções (38°SR) do moinho PFI.

Formaram-se papéis alcalinos coloridos com extrato de corantes naturais, utilizando-se aditivos e concentrações base polpa e ordem de adição apresentados na Tabela 1.

Todos os aditivos, com exceção do carbonato de cálcio, foram adicionados ao desagregador a uma consistência de 1% e homogeneizados individualmente a 10.000 revoluções, após o refino (30°SR).

Aditivos	Concentração base polpa (%)
Amido catiônico	0,6
Extrato de corante natural	0,5
Sulfato de alumínio	0,5
Agente de colagem alcalina – AKD	0,5
Carbonato de cálcio precipitado - PCC	15

Tabela 1 – Aditivos, concentrações base polpa e ordem de adição utilizada na fabricação do papel

Depois da adição da cola AKD, a polpa foi transferida para o homogeneizador contendo o carbonato de cálcio suspenso em água (pH 8), atingindo-se consistência de 0,4%. Depois, a suspensão foi transferida para o homogeneizador laboratorial, onde teve a consistência ajustada para 0,4%

As folhas foram confeccionadas na gramatura de 60 g/m² em formadora do tipo Tappi e submetidas ao processo de prensagem por 7 minutos, numa pressão de 400 kPa. Em seguida, as folhas foram secadas à temperatura de 105 °C ± 3°C por um período de 10 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de fabricação de papéis coloridos inclui um grande número de variáveis. Além do tipo de corante e da escolha do processo de coloração, o resultado é determinado por: tipo de polpa, consistência da massa, grau de refino, secagem e acabamento, qualidade da água, características da máquina, tempo de contato corante-fibra, aditivos utilizados e sua ordem de adição.

A retenção dos corantes naturais foi avaliada através da medida das coordenadas de cor CIELab, dando-se especial atenção à saturação ou croma (C*). A saturação ou croma é a intensidade da cor, qualidade pela qual se distingue uma cor fraca de uma forte. Neste trabalho, o aumento dos valores de saturação foi relacionado com melhoria de retenção ou aumento do poder tintorial dos corantes testados.

O ângulo (h), expresso em graus, representa as cores primárias e compos-

tas e está diretamente relacionado ao comprimento de onda de absorção do corante. Nos eixos a*, b*, têm-se +a* vermelho, -a* verde, +b* amarelo, -b* azul. A luminosidade da cor é representada pelo eixo L*, sobre o qual se encontram todas as tonalidades de cinza, entre branco e preto. É a qualidade pela qual se distingue uma cor clara de outra escura (POPSON *et al.*, 1997).

A Figura 1 apresenta o sistema de cromaticidade CIEL*a*b* para polpa colorida com 0,5% de extratos corantes de norbixina (alaranjado), curcumina (amarelo) e clorofilina cúprica (verde). A seta representa o ângulo (h), que aponta para a cor obtida na coloração da polpa.

Consistência de preparo da massa

No meio papelheiro, é fato conhecido que a consistência da massa afeta, significativamente, o comportamento reativo das fibras celulósicas, quando em suspensão aquosa. Para os três corantes testados, as melhores retenções foram obtidas quando se utilizaram maiores consistências de preparo da massa (1,5%).

Consistência de formação das folhas

A consistência de formação da folha é um relevante fator na fabricação do papel. Seu controle se dá pela adição de água, objetivando dispersar as fibras e eliminar a formação de flocos. No presente estudo, a maior consistência de formação (0,06%) possível de ser testada mostrou-se mais favorável à retenção dos três corantes naturais em laboratório, além de se conseguir economia de água.

Nessa consistência, mesmo utilizando três vezes menos água que na consistência de 0,02%, obteve-se boa formação da folha, com suficiente dispersão das fibras. Embora, nas indústrias, as consistências de formação sejam mais elevadas, espera-se comportamento semelhante ao observado neste estudo.

Grau de refino da polpa

As características físicas e químicas das polpas são influenciadas pela ação de refino, que, por sua vez, afeta o processo de fabricação de papel. Já é conhecido que o refino afeta a drenagem e a secagem de papéis, fato que influencia a retenção dos aditivos e suas interações com os grupos funcionais da fibra celulósica.

Conforme observado na Figura 2, a saturação da cor e, por analogia, a retenção dos corantes, aumenta com a elevação do grau de refino para os três corantes. A maior influência do refino, comprovada pela porcentagem de aumento da saturação da cor (C*), foi constatada com a clorofilina, seguida pela norbixina e, por último, pela curcumina.

É sabido que maiores níveis de refino reduzem o número de fibras por grama e aumentam o teor de finos. A ampliação da área de contato, devido à geração de finos, propicia maior área para adsorção de aditivos por unidade de peso do que as fibras, além de expor os grupos funcionais da polpa celulósica, que apresentam potencial para interagir com as moléculas corantes, em decorrência do afrouxamento e à quebra de ligações internas da

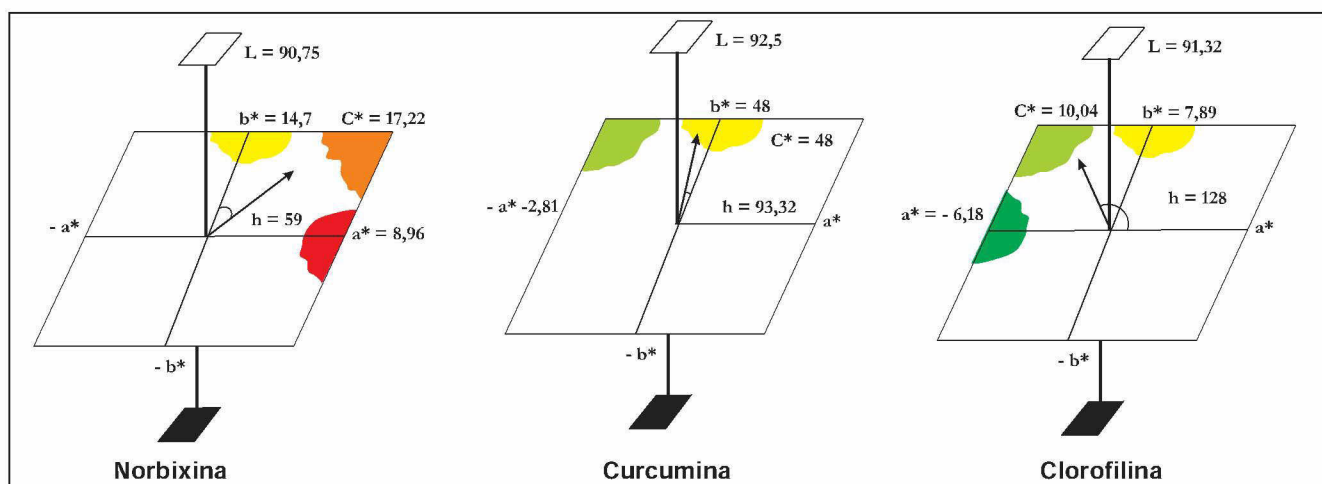


Figura 1 - Sistema de cromaticidade CIEL*a*b* para polpa branqueada colorida 0,5% de extratos corantes de norbixina, curcumina e clorofilina cúprica.

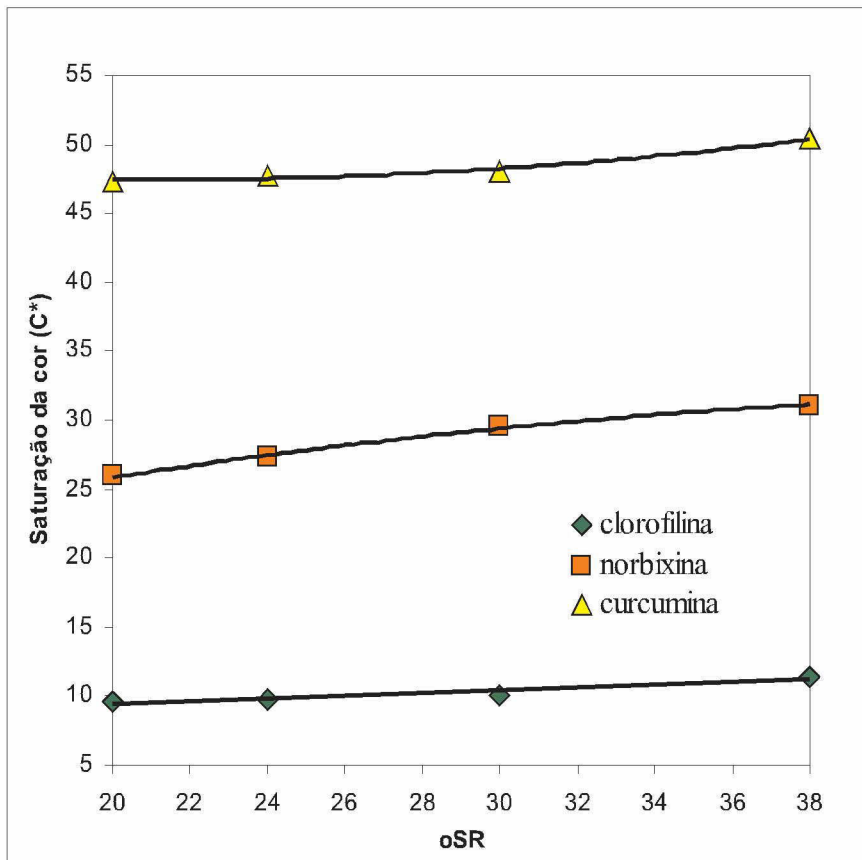


Figura 2 – Saturação da cor (C*) dos papéis coloridos com extratos corantes de norbixina, curcumina e clorofilina cúprica, em função de diferentes níveis de refino.

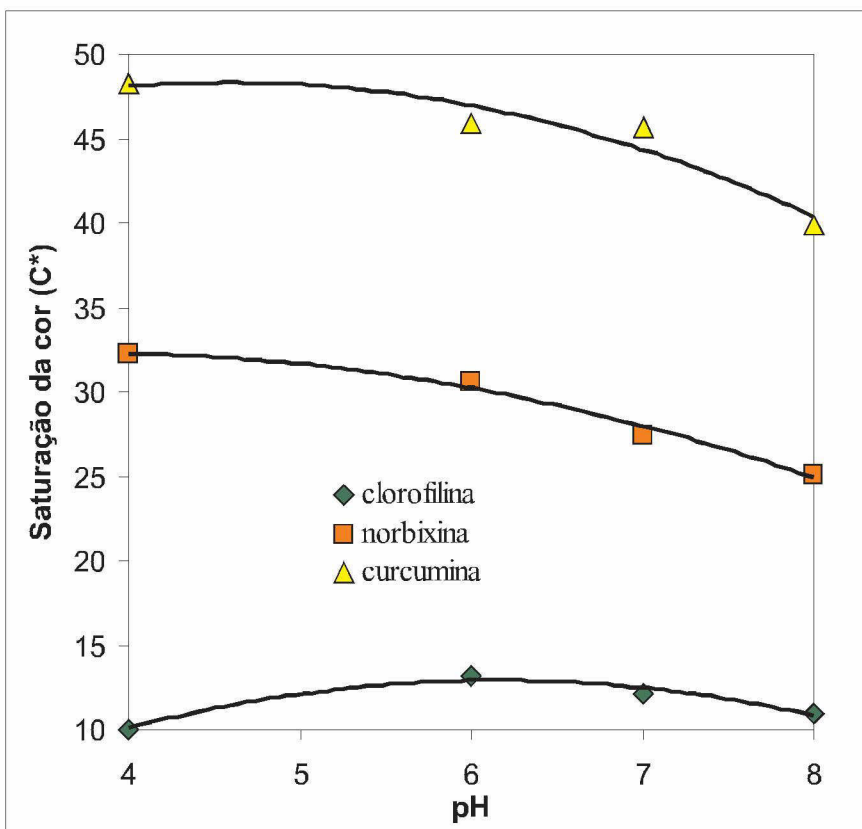


Figura 3 - Saturação da cor (C*) dos papéis coloridos com extratos corantes de norbixina, curcumina e clorofilina cúprica em função de diferentes valores de pH.

parede celular das fibras. A retenção dos corantes está relacionada à presença de finos, que tendem a adsorvê-los, como consequência de suas maiores áreas superficiais (NEIMO, 1999; SCOTT, 1996).

De acordo com NEIMO (1999), o refino não aumenta apreciavelmente a adsorção dos corantes solúveis, sendo que o aumento na intensidade da cor, obtida nas polpas altamente refinadas, se deve à característica mais densa e compacta da folha, e não a uma diferença na adsorção do corante.

pH da massa

A estabilidade do corante, sua tonalidade, saturação e retenção dependem do pH do sistema. Um restrito controle do pH faz-se necessário quando se processa a coloração de papéis, devido às características de instabilidade à variação de pH inerente a cada corante e, em especial, aos corantes naturais avaliados.

A Figura 3 apresenta a saturação da cor (C*) dos papéis coloridos com extratos corantes de norbixina, curcumina e clorofilina cúprica, em função de diferentes valores de pH do preparo da massa. De acordo com a análise de regressão, observa-se que a saturação da cor em função da variação do pH de preparo da massa segue uma tendência polinomial.

O extrato corante de norbixina, cujo veículo é o hidróxido de potássio, apresenta-se na forma de norbixinato de potássio, na faixa de pH entre 7 e 8. Apesar de a norbixina apresentar maior estabilidade em pH alcalino, o pH ácido garante maior retenção da molécula corante nas fibras, devido à precipitação que evita a lixiviação do corante e garante um produto uniformemente colorido. O decréscimo da saturação da cor (C*) com o aumento do pH, possivelmente, decorre do aumento na solubilidade da norbixina.

De acordo com RUSIG e MARTINS (1992), para o extrato corante de curcumina a 7°C, a maior estabilidade encontra-se com o pH na faixa de 4 a 7. Entretanto, à temperatura de 37°C, a maior estabilidade encontra-se na faixa de 4 a 5. Esse comportamento é observado na curva de tendência da curcumina. Neste trabalho, os papéis foram formados à

temperatura ambiente (23°C) e secados a 105°C ± 3°C por 10 minutos. Ocorreu decréscimo de saturação da cor em pH acima de 5; em pH 8, a perda na saturação foi de cerca de 17%, quando comparada com o pH 4.

A clorofilina cúprica apresenta maior saturação da cor em pH 6, o que, por analogia, mostra a maior retenção neste valor de pH. Em pH 5 e 7, apresenta a mesma saturação (12), que decai em valores imediatamente inferiores a pH 5 e superiores a pH 7.

Retenção dos corantes naturais

Muitos tipos de papéis contêm aditivos não celulósicos, cuja finalidade é melhorar as propriedades finais do produto e eliminar ou controlar certos problemas de operação. Os corantes apresentam diferentes afinidades por estes componentes do sistema.

Na Tabela 2, é apresentada a evolução das coordenadas CIEL*a*b* dos papéis coloridos com os extratos corantes de norbixina, curcumina e clorofilina, em relação à presença dos seguintes aditivos em ordem somatória de adição: amido catiônico + corante + sulfato de alumínio + agente de colagem alcalina (AKD) + carbonato de cálcio precipitado (PCC) e a referência (polpa + corante).

A adição de amido logo após a do corante teve efeito favorável na retenção dos três corantes, principalmente para a clorofilina cúprica. Sem afinidade natural pela fibra celulósica, a clorofilina teve a coordenada "a", característica da cor verde, aumentada de -0,80 nas folhas sem aditivo para -6,18. Na Tabela 2 também se observa o significativo aumento da saturação (C*) da cor. A adição de amido conferiu um tom verde ao papel, inexistente anteriormente. O ângulo de tonalidade (h) deslocou-se de 105 para 128 graus. De acordo com SCOTT (1996), o amido catiônico também fornece carga positiva para o sistema, o que auxiliou na retenção da clorofilina.

A adição de amido aumentou a saturação da cor da norbixina de 17,22, nos papéis sem aditivos, para 20,31 após a adição do amido catiônico. A tonalidade (h) aumentou de 58,65 para 64, devido à maior contribuição da coordenada amarela (b) e menor da vermelha (a). Segun-

do NEIMO e ANDERSSON (1999), as propriedades do amido estão relacionadas à abundância de grupos hidroxilas em sua constituição molecular, capazes de formar ligações de hidrogênio com a água, quando em solução. As moléculas de água são dissipadas no processo de secagem e ligações de hidrogênio são formadas entre o amido e a fibra.

A curcumina foi o corante que menos sofreu influência do amido catiônico; sua coordenada (b) e a saturação (C*) passaram de 48 para 50. O ângulo da tonalidade (h) passou de 93,37 para 91,04, com grande contribuição da coordenada amarela (b) e insignificante contribuição da coordenada verde (-a). O ângulo h está muito próximo ao ângulo da coordenada amarela no diagrama CIEL*a*b* (90 graus), o que mostra a pureza da cor amarela, do extrato corante de cúrcuma.

A adição do sulfato de alumínio, logo após a adição do amido catiônico e do extrato corante, intensificou ainda mais a retenção dos três corantes, observada

pelo aumento da saturação (C*) da cor. Novamente, a maior retenção foi observada para a clorofilina cúprica, seguida pela norbixina e, finalmente, pela curcumina, conforme observado na Tabela 2, em relação ao papel-referência.

O ângulo de tonalidade (h) passou de 128 para 141, quando sulfato de alumínio foi adicionado, no preparo da massa, para colorir o papel com clorofilina. Isso ocorreu devido ao aumento na contribuição da cor verde e menor da amarela. A adição de sulfato de alumínio praticamente dobrou a contribuição da coordenada "a", referente à cor vermelha, para a norbixina, o que diminuiu o ângulo de tonalidade (h) para 61,64. O sulfato de alumínio propicia maior retenção de compostos de cor verde, presentes no extrato de curcumina, o que deslocou o ângulo (h) de 91,04 para 95,34.

Segundo NEIMO (1999) e MARTON (1980), quando o sulfato de alumínio é dosado após a adição do corante, a retenção de corantes de baixa afini-

Corante	Aditivos	Coordenadas CIEL *a*b*				
		Luminosidade (L*)	a*	b*	Saturação (C*)	Tom (h*)
Norbixina	Referência	90,75	8,96	14,71	17,22	58,65
	Amido	86,31	7,64	18,81	20,31	63,93
	Sulfato	85,85	14,55	26,96	30,64	61,64
	AKD	80,22	20,13	31,45	37,34	60,68
	PCC	82,23	18,66	31,29	36,43	59,20
Curcumina	Referência	92,40	-2,81	48,00	48,08	93,37
	Amido	91,26	-2,92	50,35	50,36	91,04
	Sulfato	89,09	-4,92	52,67	52,90	95,34
	AKD	91,12	-1,93	45,32	45,36	92,44
	PCC	92,50	-2,31	35,42	35,70	93,73
Clorofilina	Referência	94,42	-0,80	3,36	3,46	103,49
	Amido	91,32	-6,18	7,89	10,04	128,05
	Sulfato	87,18	-12,8	10,34	16,46	141,05
	AKD	83,21	-11,85	11,77	16,71	135,21
	PCC	87,39	-9,34	9,40	13,25	134,84

Tabela 2 – Valores médios das coordenadas de cor CIEL*a*b* para os papéis coloridos com os extratos corantes de norbixina, curcumina e clorofilina contendo os aditivos amido catiônico, sulfato de alumínio, agente de colagem AKD e PCC

dade aumentará. Foi esse o caso com a adição de clorofilina cúprica, que não apresentou afinidade pela polpa celulósica. A adição de sulfato antes da introdução do corante pode resultar em redução da força e brilho, podendo gerar características de dupla-face.

A adição do agente de colagem alcalina (AKD) reduziu em cerca de 14% a saturação dos papéis coloridos com curcumina. Para a clorofilina, houve pequena redução da coordenada "a", mas sem alteração na saturação (C*) da cor. A norbixina foi o único corante que apresentou aumento na saturação mediante o acréscimo do agente de colagem. Uma explicação para a redução da saturação dos papéis coloridos com curcumina pode ser a competição do agente de colagem por sítios reativos da celulose.

Como esperado, a adição da carga mineral PCC reduziu a saturação na cor dos papéis para os três corantes utilizados. As cargas tendem a mascarar a cor dos papéis, devido à sua pronunciada afinidade pelos corantes, tornando a cor dos papéis mais fraca do que se a carga não estivesse presente (NEIMO, 1999). A curcumina foi o corante que mais sofreu com a adição do carbonato de cálcio devido, também, ao pH alcalino (8).

A retenção da carga mineral é avaliada pelo teor de cinzas. Os papéis formados apresentaram teores médios de cinzas igual a 10,47%, 10,39% e 10,56% para a norbixina, curcumina e clorofilina, respectivamente.

Corantes naturais e corantes sintéticos

Em fevereiro de 2002, a revista *O Papel* anunciou que a Arjo Wiggins, a Companhia Suzano e a Ripasa estavam testando corantes vegetais para coloração de papéis. Nessa época, não haviam sido realizados testes em escala industrial (SARAIVA e CAPO, 2002).

Em agosto de 2004, a Arjo Wiggins lançou no mercado uma linha de papéis gráficos, a Natural Plus, com quatro opções de cores (verde, castanho, azul e amarelo) extraídas de corantes naturais à base de água, comprovando a viabilidade do uso de corantes naturais neste setor (FERREIRA, 2004).

O custo por tonelada dos corantes naturais varia de acordo com o fabri-

cante. Comparando-se com o preço médio dos corantes substantivos diretos/kg, os corantes de urucum mostraram-se de duas a quatro vezes mais baratos, dependendo do fabricante. A curcumina tem custo igual ou 1,5 vez maior. A clorofilina apresenta a maior diferença de preço: dez vezes mais que os corantes sintéticos diretos.

Em relação à dosagem de corante por tonelada de polpa, nos testes laboratoriais deste experimento utilizaram-se 5kg/t dos três corantes testados. Essa dosagem não é muito diferente da utilizada industrialmente para os corantes artificiais nas cores testadas. Ainda não foram publicados dados sobre as dosagens de corantes naturais empregadas nos testes industriais, o que limita a comparação dos custos dos papéis coloridos com esta classe de corante e os artificiais.

CONCLUSÕES

Os extratos corantes testados umectam com facilidade, sendo solúveis em água fria e de fácil manipulação.

Maiores consistências de preparo de massa, formação da folha e maiores níveis de refino favoreceram a retenção dos três corantes naturais, em laboratório, avaliada pelo aumento da saturação da cor (C*).

A aplicação de corantes naturais para coloração de papéis requer um estrito controle do pH do meio. A curcumina apresentou maior estabilidade, na faixa de pH 4 a 5. Em pH alcalino, ocorreu degradação do corante, com formação de compostos de cor amarronzada. Para a norbixina, o pH ácido garantiu uma maior retenção da molécula corante nas fibras. A clorofilina cúprica apresenta maior saturação da cor em pH 6, com redução da saturação em valores imediatamente inferiores a pH 5 e superiores a pH 7.

A adição de amido catiônico auxiliou a retenção dos três extratos de corantes naturais. A adição da carga mineral PCC reduziu a saturação dos três corantes, devido à já conhecida tendência das cargas em mascarar a cor dos papéis. A curcumina foi o corante que mais sofreu com a adição do carbonato de cálcio e da carga mineral, devido ao pH alcalino.

Os corantes naturais apresentaram boa interação com os demais aditivos

nas condições testadas e podem ser considerados como importante alternativa para coloração de produtos celulósico-papeleiros e ecologicamente atrativos.

Papéis coloridos com corantes vegetais são produtos direcionados a um público atento às necessidades sociais e ambientais, abrangendo o mercado dos produtos ecologicamente corretos.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, P.R.N. Urucum – Avanços tecnológicos e perspectivas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 49, n. 1, p. 71S-73S, 1999.
- CHAO, R.R.; MULVANEY, S.J., SANSON, D.R., et al. Supercritical CO₂ extraction of annatto (*Bixa orellana*) pigments and some characteristics of the color extracts. *Journal of Food Science*, v. 56, n. 1, p. 80-83, 1991.
- FERREIRA, C. ArjoWiggins lanza Natural Plus. *Arjo Wiggins News*. Ano I, edição especial n. 02, agosto 2004. <http://www.arjowiggins.com.br/arjoteste/newsletter/nl2/index.htm> (página consultada em 14 de abril de 2005).
- HE, X.G.; LIN, L.Z.; LIAN, L.Z., et al. Liquid chromatography-electrospray mass spectrometric analysis of curcuminoids and sesquiterpenoids in turmeric (*Curcuma longa*). *Journal of Chromatography A*, v. 818, p. 127-132, 1998.
- NEIMO, L. (Ed). *Papermaking chemistry*, Livro 4, Cap. 14, p. 303-320, 1999, Finlândia: Tappi Press.
- ISHII, A.; FURUKAWA, M.; MATSUSHIMA, A. et al. Alteration of properties of natural pigments by conjugation with fibroin or polyethylene glycol. *Dyes and Pigments*, v. 2, n. 3, p. 211-217, 1995.
- JAYAPRAKASHA, G.K.; RAO, L.J.M.; SAKARIAH, K.K. Improved HPLC method for determination of curcumin, demethoxycurcumin, and bisdemethoxycurcumin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 3668-3672, 2002.
- MARTON, J. The role of surface chemistry in fines – cationic starch interactions. *Tappi Journal*, v. 63, n. 4, p. 87-91, 1980.
- POPOOLA, A.V. Comparative fastness assessment performance of cellulosic fibers dyed using natural colorants. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 77, p. 752-755, 2000a.
- POPSON, S.J.; MALTHOUSE, D.D.; ROBERTSON, P.C. Applying brightness, whiteness, and color measurements to color removal. *Tappi Journal*, v. 80, n. 9, p. 137-147, 1997.
- RUSIG, O.; MARTINS, M.C. Efeito da temperatura, do pH e da luz sobre extratos de oleoresina de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e curcumina. *Revista Brasileira de Corantes Naturais*, v. 1, n. 1, p. 158-164, 1992.
- SARAIVA, F.; CAPO, P. Corantes vegetais na indústria de papel: empresas decidem testar o produto ecologicamente correto. *O Papel*, fevereiro, p. 42, 2002.