

Maria Angélica Marques Pedro

**INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS COM
EMULSÕES A BASE DE LECITINA E ÓLEO DE SOJA
NA CINÉTICA DE SECAGEM DA UVA RUBI.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de Concentração: Engenharia de Alimentos)

Orientador: Prof. Dr. Javier Telis Romero
Co-orientadora: Profa. Dra. Vânia Regina Nicoletti Telis

São José do Rio Preto – SP

2005

Pedro, Maria Angélica Marques.

Influência de pré-tratamentos com emulsões a base de lecitina e óleo de soja na cinética de secagem de uva Rubi / Maria Angélica Marques Pedro – São José do Rio Preto : [s.n.], 2005

104f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Javier Telis Romero

Co-orientador: Vânia Regina Nicoletti Telis

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Uva - Secagem. 2. Alimentos desidratados. 3. Uva Rubi - Pré-tratamento - Secagem. 4. Cinética de secagem. 5. Isotermas. 6. Uva Rubi - Pré-tratamento - Lecitina de soja. 7. Uva Rubi - Pré-tratamento - Óleo de soja. I. Telis Romero, Javier. II. Telis, Vânia Regina Nicoletti. III. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU – 664.854

INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS COM
EMULSÕES A BASE DE LECITINA E ÓLEO DE SOJA
NA CINÉTICA DE SECAGEM DA UVA RUBI.

COMISSÃO JULGADORA
DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE

Prof. Dr. Javier Telis Romero
(Orientador – DETA/IBILCE/UNESP)

Prof. Dr. José Roberto Dalalibera Finzer
(Titular - FEQ/UFU)

Prof. Dr. José Antônio Gomes Vieira
(Titular - DETA/IBILCE/UNESP)

Prof. Dr. José Romário Limaverde
(Suplente- FEQ/UFU)

Profa. Dra. Maria Aparecida Mauro
(Suplente– DETA/IBILCE/UNESP)

São José do Rio Preto, de agosto de 2005.

DADOS CURRICULARES

Maria Angélica Marques Pedro

DATA DE NASCIMENTO: 25/05/1976 – São José Do Rio Preto.

Filiação: Alfredo Fernandes Pedro

Maria Augusta Marques Fernandes

▪ **UFU - Universidade Federal de Uberlândia**

Graduação em **Engenharia Química**.

Período: Julho/1995 a Abril /2001

▪ **UNESP - Universidade Estadual Paulista de São José do Rio Preto**

Mestrado em **Engenharia e Ciência de Alimentos**, com ênfase em Engenharia.

Período: Agosto/2003 a Agosto/2005

Agradecimentos

Aos Professores Dr. Javier Telis Romero e Dra. Vânia Regina Nicolleti Telis pela orientação, paciência, dedicação e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

À coordenação de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pelo suporte na obtenção deste título.

Aos professores integrantes da banca examinadora, Dr. José Roberto Dalalibera Finzer, Prof. Dr. José Romário Limaverde, Dr. José Antonio Gomes Vieira e Dra. Maria Aparecida Mauro pelas correções e sugestões apresentadas ao trabalho.

Aos professores Dr. Maurício Boscolo e Dra. Maria Aparecida Mauro pela participação no exame geral de qualificação.

Ao professor Dr. José Francisco Lopes Filho pelo incentivo no início do mestrado.

Aos técnicos Ginaldo, Jesuíno e Newton pelo auxílio nos experimentos e pela amizade.

Aos colegas Joel, Luci Kelly, Elke, Érica, Crislene, que compartilharam dos momentos dos experimentos, do desenvolvimento da dissertação e pela amizade.

À indústria Cargill Food Ingredient Latin América pela doação da lecitina de soja.

A tantos outros que compartilharam momentos no desenvolvimento deste trabalho.

À CNPQ pela concessão da bolsa de mestrado.

Dedico este trabalho a minha família. Aos meus pais, Maria Augusta e Alfredo (*in memoriam*), ao meu irmão, Luís Ricardo, pelo apoio, compreensão e pela possibilidade de conclusão deste curso. Ao meu namorado, Ubirajara, pela paciência e incentivo.

“A mente que se abre a uma nova idéia
jamais voltará ao seu tamanho
original”.(Albert Einstein)

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABELAS	VI
NOMENCLATURA	VII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 UVA	4
3.1.1 RELATOS HISTÓRICOS	4
3.1.2 PRODUÇÃO	5
3.1.3 CARACTERÍSTICAS	6
3.1.4 UVA DESIDRATADA	7
3.2 ISOTERMAS DE SORÇÃO	8
3.2.1 MODELOS DE EQUAÇÕES DE ISOTERMAS.....	10
3.2.1.1 MODELO DE GAB	11
3.2.1.2 MODELO DE BET	12
3.2.1.3 MODELO DE LEWICKI	13
3.2.1.4 MODELO DE HALSEY MODIFICADO	13
3.3 PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DE SORÇÃO	14
3.3.1. CALOR ISOSTÉRICO DE SORÇÃO	14
3.4 PRÉ - TRATAMENTOS	15
3.5 LECITINA DE SOJA, ÓLEO DE SOJA E AZEITE DE OLIVA	18
3.6 FUNDAMENTOS E MECANISMOS DE SECAGEM	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. MATÉRIA-PRIMA	27
4.2. ISOTERMAS DE DESSORÇÃO	29

4.3. MODELAGEM DE EQUAÇÕES DAS ISOTERMAS DE SORÇÃO	30
4.4 CALOR DE SORÇÃO	30
4.5 PRÉ-TRATAMENTOS QUÍMICOS PRÉVIOS A SECAGEM	31
4.6 DESCRIÇÃO DO SECADOR DE LEITO FIXO	31
4.7 OPERAÇÃO DO SECADOR EM LEITO FIXO	33
4.8 MODELAGEM DAS CURVAS DE SECAGEM.....	36
4.9 CÁLCULO DA DIFUSIVIDADE APARENTE MÉDIA	36
5.10 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE SECAGEM	37
5.9 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 ISOTERMAS DE SORÇÃO	39
5.2 CALOR ISOSTÉRICO DE SORÇÃO	48
5.3 SECAGEM	51
5.3.1 TESTES PRELIMINARES	51
5.3.2 AJUSTE DA CURVA DE SECAGEM	52
5.3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	55
5.3.4 CURVAS DE SECAGEM	59
5.3.5 TAXA DE SECAGEM	62
6 CONCLUSÃO	67
7 SUGESTÕES	69
8 REFERÊNCIAS	70
APÊNDICE A	78
APÊNDICE B	81
APÊNDICE C	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Estabilidade do alimento em função da atividade de água	9
Figura 3.2: Região de isotermas se sorção para produtos alimentícios.....	10
Figura 3.3: Fórmula estrutural da lecitina	19
Figura 3.4: Curva característica da taxa de secagem	22
Figura 4.1: Uva Rubi	27
Figura 4.2: Secador de leito fixo	32
Figura 4.3: Vista do secador.....	32
Figura 4.4: Vista dos aparelhos de medição	33
Figura 4.5: Vista do interior do secador (abaixo da bandeja).....	34
Figura 4.6: Vista do controle do secador.....	34
Figura 4.7: Vista da bandeja com as amostras	35
Figura 5.1: Isotermas de uva Rubi pré-tratada com 5% de lecitina de soja, na temperatura de 33°C, ajustadas pelos modelos de GAB, BET, Halsey e Lewicki.	43
Figura 5.2: Isoterma da uva Rubi pré-tratada com 5% de lecitina de soja, na temperatura de 61°C, ajustadas pelos modelos de GAB, BET, Halsey modificado e Lewicki....	43
Figura 5.3: Isotermas de dessorção para uva Rubi in natura a diferentes temperaturas....	44
Figura 5.4: Isotermas de dessorção para uva Rubi com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K ₂ CO ₃ a diferentes temperaturas	45
Figura 5.5: Isotermas de dessorção para uva Rubi com 5% de lecitina a diferentes temperaturas	45
Figura 5.6: Isotermas da uva Rubi sem pré-tratamentos químicos, com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K ₂ CO ₃ e 5% de lecitina de soja, na temperatura de 33°C	47
Figura 5.7: Isotermas da uva Rubi sem pré-tratamentos químicos, com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K ₂ CO ₃ e 5% de lecitina de soja, na temperatura de 61°C..	48
Figura 5.8: Isosteres para uva Rubi in natura.....	49
Figura 5.9: Isosteres para uva Rubi com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K ₂ CO ₃	49
Figura 5.10: Isosteres para uva Rubi com 5% de lecitina de soja.....	50

Figura 5.11: Curva do calor de sorção em função da umidade (b.s.) para uva Rubi sem pré-tratamentos químicos, com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 e 5% de lecitina de soja, na temperatura de 61°C	51
Figura 5.12: Curvas de secagem de todos os experimentos de secagem.....	55
Figura 5.13: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de lecitina e óleo de soja em emulsão com 3% de K_2CO_3 , com tempo de imersão de 3 minutos a 25°C Taxa de secagem do experimento 1	57
Figura 5.14: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de óleo de soja e K_2CO_3 em emulsão com 4% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a 25°	58
Figura 5.15: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de óleo de soja e K_2CO_3 em emulsão com 2% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a 25°C	58
Figura 5.16: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de óleo e lecitina de soja em emulsão com 1% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a 25°C Taxa de secagem do experimento	59
Figura 5.17: Curvas de secagem de todos os experimentos	60
Figura 5.18: Uva sem pré-tratamento químico	62
Figura 5.19: Uva com pré-tratamento químico	62
Figura 5.20: Taxa de secagem do experimento 1	63
Figura 5.21: Taxa de secagem do experimento 2	63
Figura 5.22: Taxa de secagem do experimento 3	63
Figura 5.23: Taxa de secagem do experimento 4	63
Figura 5.24: Taxa de secagem do experimento 5	63
Figura 5.25: Taxa de secagem do experimento 6	63
Figura 5.26: Taxa de secagem do experimento 7	64
Figura 5.27: Taxa de secagem do experimento 8	64
Figura 5.28: Taxa de secagem do experimento 9	64
Figura 5.29: Taxa de secagem do experimento 10	64
Figura 5.30: Taxa de secagem do experimento 11	64

Figura 5.31: Taxa de secagem do experimento 12	64
Figura 5.32: Taxa de secagem do experimento 13	65
Figura 5.33: Taxa de secagem do experimento 14	65
Figura 5.34: Taxa de secagem do experimento 15	65
Figura 5.35: Taxa de secagem do experimento 16	65
Figura 5.36: Taxa de secagem do experimento 17	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1: Produção, importação, exportação e consumo de uvas no Brasil (toneladas), 1990/2003.....	7
Tabela 3.2: Composição de ácidos graxos no óleo de soja.....	20
Tabela 3.3: Composição de ácidos graxos no azeite de oliva.....	20
Tabela 4.1: Características iniciais das amostras de uva Rubi	28
Tabela 4.2: Planejamento experimental	38
Tabela 5.1: Parâmetros dos modelos de GAB, BET e Lewicki, Halsey modificado, chi-quadrado (χ^2) e coeficiente de determinação (R^2), calculados pelo ajuste das isotermas de dessorção da uva Rubi in Natura	40
Tabela 5.2: Parâmetros dos modelos de GAB, BET e Lewicki, Halsey modificado, chi-quadrado (χ^2) e coeficiente de determinação (R^2), calculados pelo ajuste das isotermas de dessorção da uva Rubi Uva Rubi com pré-tratamento químico 2.5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3	41
Tabela 5.3: Parâmetros dos modelos de GAB, BET e Lewicki, Halsey modificado, chi-quadrado (χ^2) e coeficiente de determinação (R^2), calculados pelo ajuste das isotermas de dessorção da uva Rubi Uva Rubi com 5% de lecitina de soja	42
Tabela 5.4: Valores do calor de sorção	50
Tabela 5.5: Parâmetros da equação de Tsami.....	51
Tabela 5.6: Parâmetros obtidos através da equação de Fick.....	53
Tabela 5.7: Parâmetros obtidos pelo ajuste do modelo de Page e valores do tempo de secagem necessários para a uva atingir 17% de umidade em base seca (14,5% base úmida)	54
Tabela 5.8: Resultados da análise estatística dos dados experimentais	56

NOMENCLATURA

a_w - atividade de água

C - Constante de BET ; constante de GAB, adimensional

F, G, H = constantes da equação de Lewicki

h = coeficiente de transferência de calor, $[M.\theta^{-1}.T^{-3}]$

H_m - calor total de sorção da 1ª camada, $[L^2.T^{-2}.M^{-1}]$

H_n - calor total de sorção das multicamadas, $[L^2.T^{-2}.M^{-1}]$

K - constante da Equação de GAB, adimensional

K, c, r - constantes do modelo de Halsey modificado

K, n - constantes da equação de Page

L = espessura, [L]

M_i - umidade residual média, adimensional

N_a = fluxo mássico, $[M.L^{-2}.T^{-1}]$

N = número de experimentos

P = pressão de vapor de água no alimento, $[L^2.T^{-2}.L^{-2}]$

P_0 = pressão de vapor da água pura, $[L^2.T^{-2}.L^{-2}]$

q_0 = calor de sorção, $[L^2.T^{-2}.M^{-1}]$

Q_{st} = calor isostérico de sorção, $[L^2.T^{-2}.M^{-1}]$

q_{st} = excesso de calor isostérico de sorção, $[L^2.T^{-2}.M^{-1}]$

R = constante dos gases, (8,314 kJ / kmol K), $[L^2.T^{-2}.\theta^{-1}]$

R^2 = coeficiente de determinação do ajuste

RMS – Erro relativo médio

r = raio, [L]

T = temperatura absoluta, [θ]

T_g - temperatura do ar, [θ]

T_{bu} - temperatura de bulbo úmido do ar, [θ]

t = tempo, [T]

X = umidade da amostra, adimensional

X_{eq} = umidade de equilíbrio, adimensional

X_m = teor de umidade na monocamada

X_0 - o teor de umidade característico do material alimentício (umidade inicial)

X_{ep} = adimensional experimental;

X_{pred} = adimensional predito;

UR = umidade relativa do ar

Letras Gregas

λ = calor latente de vaporização da água, [$L^2.T^{-2}.M^{-1}$]

χ^2 = qui-quadrado

Sub – índices

bu – bulbo úmido

eq - equilíbrio

ep - experimental

m - monocamada molecular

n - multicamadas

pred – predito

st = sorção

w = água

o = água pura

0 - inicial

RESUMO

Neste trabalho estudou-se a influência de pré-tratamentos químicos, com emulsões a base de óleo e lecitina de soja e carbonato de potássio, sobre a cinética de secagem da uva Rubi. A secagem foi conduzida em um secador de leito fixo, à temperatura fixa de 60°C, velocidade de ar de 0,9 m/s e umidade relativa do ar de secagem do ambiente na faixa de 18 a 20 %. A umidade inicial das amostras de uva Rubi variou entre 81 a 84% (base seca) e o conteúdo de sólidos solúveis ficou em torno de 11° Brix. O objetivo deste trabalho foi estudar um pré-tratamento alternativo a base de lecitina e óleo de soja na cinética de secagem da uva Rubi, otimizando as concentrações dessas substâncias de modo a minimizar o tempo de secagem. Foram calculados os coeficientes de difusividade aparente a partir do ajuste dos dados experimentais de secagem pela solução analítica da 2ª Lei de Fick para uma esfera. A desconsideração do encolhimento da fruta levou ao péssimo ajuste dos dados pela 2ª Lei de Fick. As curvas de secagem foram ajustadas pelo modelo de Page. A avaliação deste modelo foi feita pelo cálculo do R^2 ($> 0,99$) e do RMS ($< 30\%$). Este ajuste representou satisfatoriamente os dados experimentais às curvas. A cinética de secagem foi avaliada pela análise estatística dos efeitos das condições do pré-tratamento químico - tempo de imersão da uva e concentração de lecitina, carbonato de potássio e óleo de soja nas emulsões - sobre o parâmetro K do modelo de Page. Observou-se que o tempo de imersão e suas interações com as concentrações dos componentes em estudo não foram significativos no nível de 5%. Quando todos os componentes são empregados nas máximas e mínimas concentrações testadas, mesmo para o mínimo tempo de imersão (3 minutos), há um aumento no valor do parâmetro K, o qual está diretamente ligado à taxa de secagem e redução do tempo de secagem. A umidade de equilíbrio utilizada no

cálculo do adimensional para a construção das curvas de secagem foi obtida a partir dos dados das isotermas da uva sem pré-tratamento a 61°C. Os pré-tratamentos testados, solução de lecitina e de óleo de oliva e carbonato de potássio, não influenciaram o comportamento das isotermas de sorção. As curvas de sorção foram construídas para as temperaturas de 33, 40, 49, 55, 61 e 68°C. Quatro modelos de isotermas foram testados: modelo e GAB, BET, Halsey modificado e Lewicki. Todos os modelos ajustaram satisfatoriamente ($R^2 > 0,99$). O modelo de GAB foi escolhido por ser um modelo simples e tradicional de isotermas de uva. As isotermas apresentaram um comportamento típico da curva do tipo III, na classificação de Van der Waals. À medida que a temperatura aumenta, a uma dada atividade de água, a umidade de equilíbrio do alimento diminui.

ABSTRACT

The influence of pretreatments of emulsions of lecithin, soya oil and potassium carbonate on drying kinetic of grape Rubi was studied in this work. The drying was carried out in a fixed bed dryer, at 60°C, air velocity of 0,9 m/s and relative humidity of drying air in range from 18 to 20%. The initial moisture varied from 81 to 84% and soluble solids content was 11° Brix. The objective was to study an alternative pretreatment with lecithin, soya oil and potassium carbonate, optimizing the concentration of these substances with the aim of decrease the drying time. The apparent diffusion coefficients were calculated by the adjustment of the experimental data of drying by the analytical solution of the second Fick's Law for a spherical geometry. The fruit shrinkage wasn't taken in consideration. These carried out the bad adjustment of data by the second Fick's Law. The drying curves were adjustment by Page's model. The evaluation was goodness fit was shown through the analysis of the coefficient of determination ($R^2 > 0,99$) and RMS ($< 30\%$). This adjustment was good. The drying kinetics was valued through the statistical analysis of chemical pretreatment effects – dipping time of grape and concentration of lecithin, potassium carbonate and soya oil – on the parameter k of Page's model. It was checked that dipping time and their interactions with the concentrations of the components in study were not significant in the level of 5%. When all components are spent in maximum and minimum concentration tested, even for the minimum dipping time (3 minutes), there is an increase in value of parameter K, which is straight into to the drying rate and reduction of drying time. The equilibrium moisture used in the calculation of adimensional for drying curves was obtained by isotherms data of Rubi grape without pretreatment at 61° C. The pretreatment tested – solution of lecithin, olive oil and potassium carbonate - weren't influence on behaviour of sorption

isotherms. The sorption curves were built at five temperatures: 33, 40, 49, 55, 61 and 68°C. Four models were tested: GAB, BET, modified Halsey and Lewicki. All models were adjusted satisfactorily ($R^2 > 0,99$). GAB was chosen because is a simple and traditional model of grape isotherms. The isotherms presented a typical behavior of curve type III, in accordance with Van der Waals. As the temperature increases, for determined water activity, equilibrium moisture of food decreases.

1 INTRODUÇÃO

O processo de secagem é um método de conservação de alimentos através da eliminação de água e que visa a reduzir as taxas das reações químicas e microbiológicas que ocorrem nos alimentos, conservando-os. Além disso, reduz custo de embalagem, transporte e manipulação de alimentos e prolonga a vida útil do produto.

As frutas em geral possuem alto teor de umidade, portanto são altamente perecíveis, o que acarreta grandes perdas aos produtores. O processo de desidratação, além de ser uma alternativa para a redução de perdas devido ao excesso de produção e frutas fora do padrão, pode agregar valor ao produto. É importante ressaltar que as frutas desidratadas geram uma demanda adicional aos consumidores interessados em consumir alimentos naturais, ricos em fibras e nutritivos (SILVA, 2004).

O Brasil tem um grande potencial para produção de frutas. O estado de São Paulo é o segundo maior produtor de uvas. Uma grande parcela da produção de uvas finas de mesa, na atualidade, é oriunda do noroeste do Estado de São Paulo, com destaque para os municípios de Jales, Palmeira d'Oeste e Tupi Paulista, onde se verifica o cultivo, principalmente, da variedade Itália e suas mutações: Rubi, Benitaka e Brasil.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 2003 foram produzidas 1.054.934 toneladas de uvas, das quais, 40% foram destinadas ao processamento. Entretanto, não há produção de uvas desidratadas, conhecidas como uva passa. Toda uva passa consumida é importada da Argentina, Chile e USA.

O processo de secagem da uva *in natura* é muito lento. Além da uva, frutas como a ameixa e a cereja possuem em sua superfície uma película de cera que age como uma barreira contra a saída de água do interior da fruta. Vários autores vêm estudando pré-tratamentos que modificam a estrutura dessa película, acelerando a secagem como resultado do aumento da permeabilidade da casca. Emulsões a base de oleato de etila têm sido empregadas com bastante sucesso no processo de secagem. Outros tratamentos utilizam óleo de oliva. Porém esses ingredientes são caros para os produtores brasileiros. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é estudar um pré-tratamento alternativo a base de lecitina (emulsificante natural) e óleo de soja, considerando a grande produção de soja no Brasil e aproveitando o potencial de produção de uva no país.

2 OBJETIVOS

1) Construir as isotermas de sorção da uva Rubi sem pré-tratamento químico e com pré-tratamentos estabelecidos neste estudo e determinar o calor de sorção;

2) Estudar a influência dos pré-tratamentos químicos sobre o comportamento da curva de sorção sobre as condições de estocagem do produto final;

3) Analisar o efeito de pré-tratamentos químicos, utilizando emulsões à base de lecitina e óleo de soja sobre a cinética de secagem de uva Rubi em um secador de leito fixo operando à temperatura de 60°C e velocidade do ar de secagem de 0,9 m/s.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Uva

3.1.1 Relatos históricos

Acredita-se que a uva é originária da Ásia e que chegou na Península Itálica e na Europa através dos gregos. Entretanto, foram os romanos que tornaram o comércio da uva lucrativo.

A videira foi introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses em 1532, por meio de Martin Afonso de Souza, na então capitania de São Vicente, hoje Estado de São Paulo. Com o passar do tempo, foi levada a diferentes pontos do país, sem constituir uma cultura de importância. Com o descobrimento de ouro, no século XVII, e com a expansão da cultura da cana-de-açúcar e do café, a viticultura desapareceu. (EMBRAPA, 2003)

Entre 1830 e 1840, foram trazidas para o Brasil as primeiras videiras americanas, de maior resistência às moléstias e com características de adaptação ao ambiente brasileiro, onde prosperaram e, desde então, expandiram. (EMBRAPA, 2003)

A viticultura só adquiriu importância econômica com a imigração italiana, que se estabeleceu no Rio Grande do Sul e São Paulo no final do século passado. (EMBRAPA, 2003)

A partir da década de 1960, com o plantio de vinhedos comerciais de uva de mesa na região do Vale do Rio São Francisco, no nordeste semi-árido brasileiro, a viticultura nordestina foi efetivamente implementada. Nos anos 70, surgiu o pólo vinícola do Norte do Estado do Paraná e, na década de 1980, desenvolveram-se as regiões do Nordeste do Estado de São Paulo e de Pirapora do

norte de Minas Gerais, todas voltadas à produção de uvas finas para consumo *in natura*. Iniciativas mais recentes, como as verificadas nas regiões Centro-Oeste (Estados do Mato Grosso, Mato grosso do Sul e Goiás) e Nordeste (Bahia e Ceará), permitem que se efetue projeção de aumento significativo na atividade vinícola nos próximos anos (EMBRAPA, 2003).

3.1.2 Produção

A produção de uvas de mesa no Brasil pode ser dividida em dois grupos: uvas finas (*Vitis Vinifera*), representadas por: Itália e suas mutações (Rubi, Benitaka, Brasil, Red Globe) e outro grupo formado pelas uvas rústicas (*Vitis labrusca*) representadas por: Isabel e Niágara (mais famosas). Em dezembro de 2003, a EMBRAPA (Jales/SP) lançou no mercado três variedades de uva sem semente: BRS Linda, BRS Clara – (uvas brancas) e BRS Morena (uva preta). Os cultivares foram desenvolvidos pela EMBRAPA Uva e Vinho (Bento Gonçalves-RS) por meio do melhoramento genético tradicional, sem utilização de técnicas transgênicas (EMBRAPA).

De acordo com a EMBRAPA, do total de uvas produzidas em 2003, o Estado do Rio Grande do Sul produziu 489.012 toneladas; São Paulo, 224.468 toneladas; Pernambuco, 104.506 toneladas e Bahia, 87.435 toneladas.

Em 2002, o Brasil foi o 16º produtor mundial de uva, entretanto, o 9º produtor em relação à uva de mesa. Estes dados nos permitem dizer que o Brasil não tem tradição em processar suas uvas. Hoje, o Brasil apresenta pequena participação no comércio mundial referente ao total da uva produzida; produz o equivalente a 1,6 % da produção mundial, embora haja um crescente aumento nos últimos anos na produção e exportação. Esse aumento foi possível porque o Brasil

em condições de fornecer uva em qualquer época do ano, aproveitando as lacunas deixadas pelos outros países.

O período de maior oferta da uva de mesa no mercado doméstico concentra-se entre novembro e março, quando são abastecidos os principais centros consumidores do país. Contudo, o período de menor escassez da fruta é verificado entre os meses de abril e junho. Jales (SP) e Pirapora (MG) abastecem o mercado doméstico neste período. A região do Vale de São Francisco, devido ao clima favorável, pode obter colheitas em qualquer época do ano (BARROS e BOTEON, 2002).

Analisando-se o total de uvas produzidas, importadas e consumidas no Brasil, verifica-se, no período de 1995 a 1998, que a quantidade de uvas importadas foi bastante expressiva (Tabela 3.1). Provavelmente, em decorrência da abertura do comércio e do maior poder aquisitivo do consumidor brasileiro naquele período. No ano seguinte, as quantidades de uvas importadas e exportadas foram quase equivalentes e, a partir de 2000, o Brasil começou a ter saldos positivos.

3.1.3 Características

A uva compõe-se de vários bagos, que variam de tamanho e cor segundo a espécie. Cada bago tem uma película de cera que envolve a polpa e as sementes.

A composição da uva muda conforme a variedade. Geralmente, a uva contém bastante açúcar, pequenas quantidades de vitamina do complexo B, vitamina C e sais minerais, como ferro, cálcio e potássio.

Tabela 3.1: Produção, importação, exportação e consumo em toneladas de uvas no Brasil, 1990/2003 (EMBRAPA, 2003)

Ano	Produção	Exportação	Importação	Consumo Agroindústria	Consumo <i>in natura</i>
1990	786.218	1.845	14.682	490.93	308.125
1991	648.026	2.882	12.131	339.369	317.906
1992	800.112	6.877	4.786	398.089	399.932
1993	785.958	12.552	4.508	401.472	376.442
1994	800.609	7.092	8.384	450.561	351.34
1995	836.545	6.786	23.891	455.772	397.878
1996	730.885	4.516	58.817	313.331	442.945
1997	855.641	3.705	23.222	414.485	460.673
1998	736.47	4.405	26.495	348.523	410.034
1999	868.349	8.083	8.599	469.87	398.87
2000	978.577	14.343	9.903	549.306	424.831
2001	1.062.817	20.66	7.457	469.098	580.516
2002	1.120.574	26.357	11.003	506.799	598.421
2003	1.054.834	37.601	7.612	425.946	598.899

3.1.4 Uva desidratada

Livros de história relatam que, antigamente, as uvas eram secas ao sol. Este procedimento equivale ao que ainda ocorre no século XXI. As primeiras viticulturas foram desenvolvidas entre 900 e 120 a.C. na Grécia, Sul da Espanha e Pérsia. No século XIV, as uvas passas tornaram-se parte importante da culinária Européia.

A Turquia e os Estados Unidos (principalmente Califórnia) são os maiores produtores do mundo de uva passa. Representam 80% da produção mundial. Outros países como Grécia, Austrália, Chile e África do Sul também possuem produção expressiva. (USDA, 2002).

O Brasil ainda não possui indústrias destinadas a suprir os mercados consumidores. Praticamente toda a uva passa consumida no Brasil é importada da

Califórnia, Argentina e Chile; mesmo assim a produção de uva de mesa é muito significativa no país.

3.2 Isotermas de sorção

A água é um dos componentes mais importantes dos alimentos. Ela determina a perecibilidade dos produtos alimentícios, pois é responsável pelas degradações física, química e microbiológica dos produtos alimentícios (observe a Figura 3.1).

A atividade de água é uma medida do conteúdo de água livre nos alimentos. O conhecimento da atividade de água é útil para a previsão das condições de estabilidade nos alimentos, para seleção de formulações e condições de estocagem de novos produtos e para a melhora da qualidade dos processos de secagem e equipamentos (WELTICHANES & VERGARA, 1997 apud VULLIOD, MÁRQUEZ, MICHELIS, 2004).

O comportamento microbiano está diretamente relacionado com a disponibilidade de água em alimentos. Por meio da secagem, do congelamento, ou da adição de açúcar ou sal a água livre pode se tornar indisponível e inibir o crescimento microbiano.

O conceito de atividade de água é muito usado por pesquisadores e processadores da indústria de alimentos. É definida pela razão entre a pressão de vapor exercida pela água no alimento e a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura (HELDMAN e LUND, 1992). Quando a pressão de vapor de água do alimento se iguala à pressão de vapor da água no ambiente, a umidade do alimento está em equilíbrio com a umidade do ambiente. A atividade de água, então, é dada pela umidade relativa de equilíbrio, em que o alimento não ganha, nem perde água.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{URE}{100} \quad (3.1)$$

onde: P = pressões de vapor de água no sistema; P_0 = pressão de água líquida pura na mesma temperatura e URE = umidade relativa do ar.

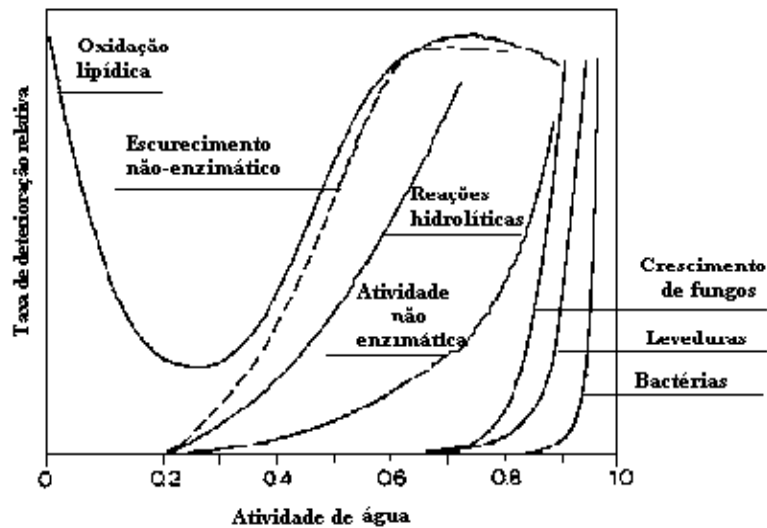


Figura 3.1: Estabilidade do alimento em função de atividade de água (HELDMAN E LUND, 1992).

As isotermas de sorção de materiais alimentícios são divididas em isotermas de dessorção (eliminação de água) e adsorção (adsorção de água). São curvas que exibem o conteúdo de umidade de equilíbrio do alimento versus a umidade relativa ou atividade de água do ambiente e, assim, vinculam o conteúdo de água no alimento com a temperatura e umidade relativa de ar circundante (GABAS, 1998).

A curva é dividida em três regiões e está representada na Figura 3.2. Na região I, a água está fortemente ligada ao produto. Na região II, a água está fracamente ligada ao produto e geralmente presente em pequenos capilares. Na

região III, a água está presente em grandes capilares ou e pode ser considerada livre (Okos et al., 1980).

O fenômeno chamado de histerese é geralmente observado na maioria dos materiais higroscópicos. A diferença no conteúdo de umidade entre as isotermas de adsorção (Ex.: processo de reidratação) e dessorção (Ex.: processo de secagem) é chamada histerese das isotermas de sorção.

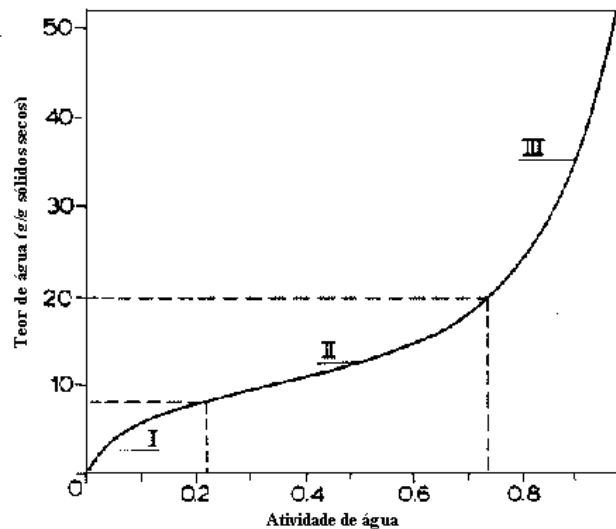


Figura 3.2: Região de isotermas de sorção para produtos alimentícios (Heldman e Lund, 1992).

3.2.1 Modelos de equações de isotermas

Vários autores têm estudado modelos matemáticos que descrevem o comportamento de sorção de umidade. Alguns desses modelos estão baseados na teoria do mecanismo de sorção, outros têm sido empíricos ou semi-empíricos (RIZVI, 1986 apud KAYMAK-ERTEKIN, F. e GEDIK A., 2004).

Uma pesquisa detalhada da literatura mostrou que as isotermas de sorção de alimentos podem ser descritas por mais de um modelo de sorção. Esses

modelos descrevem o comportamento do processo de sorção de umidade e possibilitam a quantificação de constantes para cada tipo de alimento estudado.

Alguns modelos podem ser considerados mais adequados que outros, porque descrevem com maior precisão o fenômeno de sorção numa ampla faixa de atividade de água e que fornecem parâmetros que permitem relacionar o efeito da temperatura.

Dentre os modelos disponíveis na literatura, os descritos abaixo descrevem satisfatoriamente o fenômeno para alimentos:

3.2.1.1 Modelo de GAB

O modelo de GAB é simples e possui um pequeno número de parâmetros, que possui significado físico e é capaz de descrever o efeito da temperatura. Além disso, pode ser aplicado a uma ampla faixa de atividade de água. É matematicamente definida por (RIZVI, 1995):

$$X = \frac{(C-1) K a_w X_m}{1 + (C-1) K a_w} + \frac{K a_w X_m}{1 - K a_w} \quad (3.2)$$

onde, X_m - umidade (base seca) que corresponde à camada monomolecular e C e K - constantes que consideram o efeito da temperatura.

$$C = c_o \exp\left(\frac{H_m - H_n}{RT}\right) \quad (3.3)$$

$$K = k_o \exp\left(\frac{\lambda - H_n}{RT}\right) \quad (3.4)$$

onde, H_m e H_n - calores de sorção da monocamada e multicamadas da água respectivamente por mol, λ - calor de vaporização da água pura por mol e C_0 e k_0 - constantes ajustadas para relacionar o efeito da temperatura, R - a constante universal dos gases e T - temperatura (K).

3.2.1.2 Modelo de BET

O modelo de BET é freqüentemente empregado para caracterizar a monocamada de água. A constante da equação é relacionada com o excesso de calor de sorção. O modelo fornece um bom ajuste para atividades de água entre 0,05 e 0,45 e é expressa da seguinte forma (RIZVI, 1995):

$$X = \frac{X_m C a_w}{(1 - a_w)(1 + (C - 1)a_w)} \quad (3.5)$$

onde, X é o teor de umidade (base seca), X_m corresponde ao teor de umidade da monocamada e C é a constante de BET relacionada ao calor de sorção:

$$C = k \exp\left(\frac{\Delta H_{BET}}{RT}\right) \quad (3.6)$$

onde, ΔH_{BET} - calor de sorção total do modelo, k - constante da equação, R - constante universal dos gases e T - temperatura (K).

O conceito de umidade da monocamada tem sido bastante estudado em alimentos, devido à sua relação com estabilidade química e física de alimentos desidratados.

3.2.1.3 Modelo de Lewicki

O modelo de Lewicki consiste de duas funções subtraídas uma da outra e considera dois processos que ocorrem em paralelo. No primeiro processo, prevalece para atividades de água altas e o segundo, prevalece para baixas atividades de água (CARRIZO, 2002):

$$X = \frac{F}{(1-a_w)^G} - \frac{F}{1+a_w^H} \quad (3.7)$$

onde, F, G, H - constantes empíricas, a_w - atividade de água e X - teor de umidade de equilíbrio (b.s.).

3.2.1.4 Modelo de Halsey modificado

De acordo com Rizvi (1986), esta equação foi desenvolvida supondo-se que a condensação ocorre em multi-camadas, assumindo que a potência de energia da molécula varia inversamente com a distância radial da superfície.

$$X = \left(\frac{k}{\ln \frac{c}{a_w}} \right)^{\frac{1}{r}} \quad (3.8)$$

onde, K,c,r - constantes do modelo.

3.3 Propriedades Termodinâmicas de Sorção

3.3.1 Calor isostérico de sorção

O calor isostérico de sorção (q_{st}) é definido como a diferença entre o calor isostérico de sorção total (Q_{st}) e o calor latente de vaporização da água. Pode ser determinado usando a equação derivada da equação de Clausius-Clapeyron (RIZVI, 1995):

$$\left. \frac{d \ln(a_w)}{d(1/T)} \right|_X = -\frac{Q_{st} - \lambda}{R} = -\frac{q_{st}}{R} \quad (3.9)$$

onde, X – Teor de umidade, R - constante universal dos gases (8,314 kJ / kmol K), T - temperatura absoluta (K), a_w - atividade de água, λ - calor de vaporização da água pura e q_{st} - calor isostérico de sorção.

A Equação (3.9) é empregada quando a umidade do sistema permanece constante e o calor de vaporização da água não varia com a temperatura. No caso de alimentos que são sistemas complexos, a extrapolação para altas temperaturas invalidaria essas considerações, devido a mudanças irreversíveis nas propriedades da água do sistema (RIZVI, 1995).

Tsami *et al.* (1990) relataram a importância da dependência do calor de sorção com a umidade para processos de secagem. Os autores citados utilizaram uma relação exponencial empírica entre o calor isostérico de sorção e a umidade para algumas frutas secas, proposta da seguinte forma:

$$q_{st} = q_o \exp\left(-X_{eq}/X_o\right) \quad (3.10)$$

onde, q_0 - calor isostérico de sorção da monocamada de água, X_{eq} - o teor de umidade de equilíbrio e X_0 - o teor de umidade característico do material alimentício.

3.4 Pré-tratamentos

O comportamento da secagem da uva está sendo assunto de alguns estudos experimentais. Hoje, sabe-se da forte influência dos pré-tratamentos e da origem da uva na taxa de secagem. Esses pré-tratamentos são responsáveis pelo aumento da permeabilidade da casca da uva ao vapor de água, facilitando, assim, a saída de água do interior da fruta.

Para garantir o aumento da taxa de secagem, a uva é submetida a um pré-tratamento químico para remover a fina camada de cera que cobre a superfície da fruta e que funciona como uma barreira efetiva à remoção de água da mesma.

De acordo com Belitz & Grosh (1985), a película de cera que recobre a uva possui em sua composição, ésteres de ácidos graxos de alto peso molecular, álcoois, hidrocarbonetos, ácidos graxos livres, álcoois livres, cetonas e aldeídos, constituindo uma estrutura apolar, que, ao ser mantida em contato com uma solução básica, sofrerá uma reação de saponificação, tornando-se polar.

Grncarevic et al. (1963), citados por Weitz et al. (1989) concluíram que os pré-tratamentos aumentam os grupos hidrofílicos na superfície da cera, devido ao acréscimo reversível de longas cadeias de ácidos graxos. O aumento do número de grupos hidrofílicos na superfície das frutas pode aumentar o número de sítios para facilitar a transferência de água através camada de cera.

Segundo Femenia (1998), os pré-tratamentos não são usados somente para aumentar a taxa de secagem, mas também para preservar as

características físico-químicas, nutricionais e sensoriais do produto seco. Bolin e Jackson (1985) relatam a importância de adicionar nos pré-tratamentos pequenas quantidades de SO_2 , com o objetivo de reduzir o escurecimento, tanto enzimático como o não enzimático durante a secagem e estocagem.

Desde a década de 70, na Austrália, utilizam-se pré-tratamentos com emulsões diluídas de óleo em soluções alcalinas (O/A), denominadas “dipping oils”. A fase oleosa é formada, principalmente, por ésteres etílicos de ácidos graxos saturados, ésteres de ácido oleico e ácido oleico livre, sendo o éster etílico de ácido oleico (EO: oleato de etila), um dos componentes mais ativos (GRNCAREVIC, 1963; PONTING & MC BEAN, 1970; RADLER, 1964).

Barnett (1980) usou como pré-tratamento de uvas soluções de diluídas de soda cáustica quente. Porém, essas soluções causam fissuras na casca da uva e modificam a estrutura do produto.

Bolin and Stafoord (1980) obtiveram bons resultados em seus estudos com uma solução de 2 % de oleato de metila e 10% de K_2CO_3 .

Saravacos e Marousis (1988) secaram uvas previamente imersas em 0,5 % de NaOH como controle e adicionaram no pré-tratamento 2 % de oleato de etila, verificando um aumento significativo na taxa de secagem. Atribuíram este fato à dissolução da cera da superfície da uva pelo oleato de etila.

Weitz, Lara, Piacentini (1989) trabalharam com secagem de ameixas e verificaram a eficácia do tratamento com oleato de metila. Além de constatarem, também, o bom desempenho da emulsão com azeite de oliva e carbonato de cálcio.

Gabas et al. (1999) pesquisaram a influência da concentração do oleato de etila na permeabilidade de uva Itália. Verificaram que um aumento na

concentração do agente de 0 e 3% em soluções de 2% de carbonato de cálcio levou a menores tempos de secagem de uvas tratadas durante 3 min a 50°C.

Pangavhane, Sawney & Sarsavadia (1999) estudaram a influência de pré-tratamentos na cinética de secagem convectiva da uva Thompson à 60°C e velocidade de ar 0,5 m/s. Utilizaram pré-tratamentos como o tradicional “dipping oil” comercial, soluções de oleato de etila, óleo de oliva (temperatura ambiente) e hidróxido de sódio quente (93°C). A taxa de secagem das uvas tratadas com hidróxido de sódio apresentou maior valor. Essa solução provocou fissuras na casca da uva o que facilitou a saída de água e aumentou a taxa. As taxas dos outros pré-tratamentos foram maiores que a taxa da uva *in natura*. Este fenômeno pode ser atribuído a remoção ou modificação da camada de cera.

Di Matteo et al. (2000) propuseram um pré-tratamento físico alternativo. Ele consistia de abrasão superficial da casca da uva com um abrasivo inerte. Além da análise do tempo de secagem, os autores realizaram uma análise no microscópio eletrônico. O pré-tratamento alternativo apresentou a mesma eficácia do outro pré-tratamento com uma solução de 2% de oleato de etila e 2,5% de K_2CO_3 . Entretanto, a qualidade final do produto pré-tratado fisicamente foi pior quando comparada com o pré-tratamento químico utilizado.

Pahlavanzadh, Barisi e Zarrabi (2001) estudaram a influência de pré-tratamentos com várias soluções alcalinas, a base de K_2CO_3 e óleo de oliva, em diferentes concentrações e tempos de imersão. O menor tempo de secagem e o produto final com melhor qualidade foram obtidos com as uvas imersas em uma solução de carbonato de potássio a 42°C.

Doymaz (2004) estudou o efeito acelerador da solução de oleato de etila sobre a cinética de secagem da ameixa a 65°C e velocidade do ar de 1,2 m/s.

Determinou, também, os coeficientes de difusão, tanto da uva *in natura* como para uva pré-tratada. Os valores dos coeficientes ficaram em torno de $2,171 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$ e $2,401 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$.

Lourençon (2004) estudou pré-tratamentos alternativos a base de lecitina de soja, que apresenta características surfactante. O autor relata, em seu trabalho, que soluções de lecitina de soja usadas em testes laboratoriais foram efetivas na redução do tempo de secagem da uva Rubi em relação à uva *in natura*, porém menos eficiente que o tratamento com emulsão de azeite de oliva com carbonato de potássio.

Salengke e Satry (2005) estudaram os efeitos de um pré-tratamento ôhmico sobre a taxa de secagem da uva de variedade “seedless” e relataram que esse pré-tratamento aumentou significativamente o taxa de secagem.

3.5 Lecitina de soja, óleo de soja e azeite de oliva.

A lecitina de soja trata-se de um composto rico em fósforo, formado por estruturas polares chamadas de fosfolipídicas (hidrofilica) e apolares chamadas de ácidos graxos (hidrofóbica) (Figura 3.3) e, por essa razão, apresenta características surfactantes. A parte polar é constituída por uma base nitrogenada chamada colina. É um produto natural e estável à temperatura ambiente. A lecitina comercial é um líquido xaroposo que lembra o mel de abelha. É muito utilizada na indústria de alimentos.

A extremidade polar tende a se dissolver em água. A cadeia longa hidrocarbônica, não polar, é solúvel em óleo. Esta estrutura permite que a lecitina disperse pequenos glóbulos de óleo em água. A cadeia hidrocarbônica penetra nos glóbulos oleosos deixando as extremidades carboxílicas nas superfícies dos

glóbulos. Isso evita que os glóbulos unam-se uns aos outros e deixa o óleo emulsionado (RUSSEL, 1994). No caso estudado no presente trabalho a lecitina de soja ajuda a “quebrar” a película de cera da superfície da uva, facilitando a saída de água.

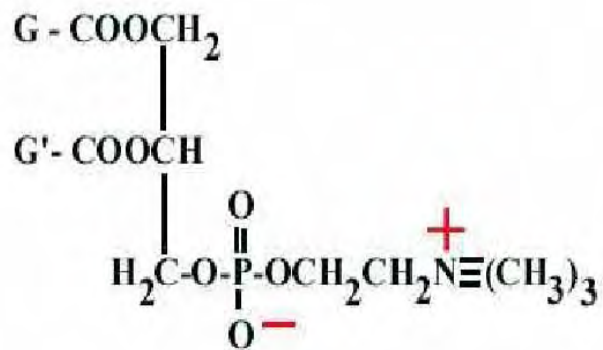


Figura 3.3: Fórmula estrutural da lecitina.

Nos pré-tratamentos tradicionais é utilizado como agente ativo o oleato de etila. De acordo com Vogel (1978), o oleato de etila é sintetizado a partir ácido oleico puro e etanol. Este ácido graxo é encontrado, principalmente, no óleo de oliva, e no óleo de canola. Entretanto, o ácido oléico também é encontrado no óleo de soja em proporções menores.

De acordo com Hartmam (1985), todos os óleos brutos contêm uma variedade de fosfatídios. O componente fosfolipíco do óleo de soja consiste, aproximadamente de 20% de lectinas, 31% de cefalinas e 40 % de fosfatidil inositol. Nas moléculas de fosfatídios, há uma região de grande afinidade por água (hidrofílica), e outra, representada por cadeias hidrocarbonadas dos ácidos graxos (hidrofóbica). A composição dos ácidos graxos no óleo está apresentada na tabela 3.2.

O azeite de oliva é caracterizado por uma cor amarelo-esverdeada e com sabor e odor de oliva. A tabela abaixo mostra a composição dos ácidos graxos presentes no mesmo.

Tabela 3.2: Composição de ácidos graxos presentes no óleo de soja.

Ácidos Graxos		Composição (%)
Mirístico	C-14:0	0,1
Palmítico	C-16:0	10,6
Palmitoléico	C-16:1	0,1
Margarico	C-17:1	0,1
Estearico	C-18:0	4,0
Oléico	C-18:1	23,3
Linoléico	C-18:2	53,7
Linonéico	C-18:3	7,6
Araquídico	C-20:0	0,3
Bebênico	C-22:0	0,3

Fonte: O'Brien, 1998.

Tabela 3.3: Composição de ácidos graxos presentes no azeite de oliva.

Ácidos Graxos		Composição (%)
Mirístico	C-14:0	0,5
Palmítico	C-16:0	9,0
Palmitoléico	C-16:1	0,6
Estearico	C-18:0	2,7
Oléico	C-18:1	80,3
Linoléico	C-18:2	6,3
Linonéico	C-18:3	0,7
Araquídico	C-20:0	0,4

Fonte: O'Brien, 1998.

As proporções entre os ácido graxos instaurados oléico e linoléico e ácido graxos saturado palmítico variam, dependendo da sua origem.

3.6 Fundamentos e mecanismos de secagem

O processo de secagem é definido como um processo de remoção da umidade devido a simultâneas transferências de calor e massa. O calor, que é

fornecido pelo ambiente, em contato com o alimento úmido, evapora a umidade da superfície do produto. A umidade pode também ser transportada do interior até a superfície e, então, evaporada, ou pode ser evaporada internamente até a interface líquido-vapor e transportada como vapor até a superfície. Existem três mecanismos de transporte da água através do alimento: a difusão de vapor devido ao gradiente de concentração, a difusão de água líquida em termos do gradiente de concentração e o escoamento capilar.

A transferência de calor depende da temperatura do ar, umidade do ar, fluxo do ar, da área exposta dos alimentos e pressão. A estrutura física do alimento, temperatura, composição e, em particular, o conteúdo de umidade, governa a taxa de transferência da umidade. Equipamentos de desidratação geralmente utilizam mecanismos de condução, convecção ou radiação para transferir energia da fonte de calor para o alimento.

O ar é geralmente o gás mais usado para a secagem de alimentos. Quando colocado em contato com o produto úmido, atinge-se um equilíbrio entre o ar e o alimento. O conteúdo de umidade em tal condição é chamado de umidade em equilíbrio. Em um processo de secagem, a umidade de equilíbrio geralmente diminui com um aumento da temperatura.

O ciclo típico de secagem consiste de três estágios: aquecimento do alimento até a temperatura de secagem, evaporação da umidade da superfície do produto, que, uma vez atingida a umidade crítica, ocorre numa taxa proporcional ao conteúdo da umidade, e o decréscimo da taxa de secagem.

Segundo Okos *et al.* (1992), a curva de secagem é dividida em duas partes distintas (Figura 3.4). A primeira é o período de taxa constante em que a taxa de vaporização da água não depende do sólido, isto é, a água evapora como se não

tivesse sólido. Esse mecanismo ocorre até que a água do interior não esteja disponível na superfície do alimento. A umidade final desse período é chamada de umidade crítica. Nesse ponto, o movimento do líquido para a superfície do sólido torna-se insuficiente para substituir o líquido que está sendo evaporado, portanto a superfície já não está muito úmida. A segunda parte é o período de taxa decrescente que é subdividido em duas fases. Na primeira fase, a área ainda úmida torna-se completamente seca. Na segunda fase, quando a superfície do alimento está seca, a água é removida do seu interior para a superfície como vapor. A umidade é removida até que a umidade de equilíbrio seja atingida.

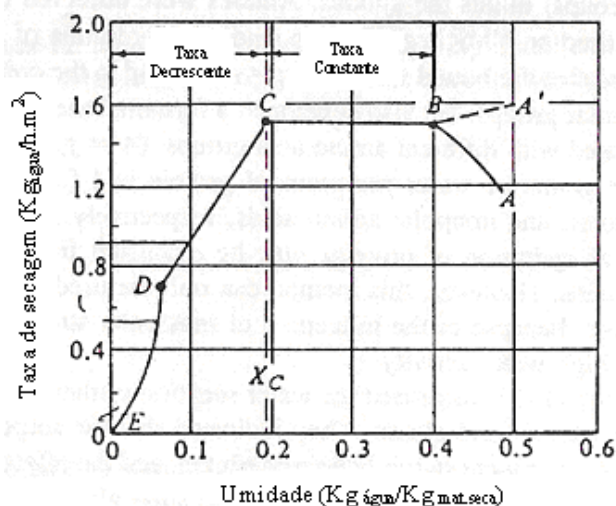


Figura 3.4: Curva característica da taxa de secagem (Heldman e Lund, 1992).

Na primeira fase do período decrescente, os principais mecanismos que ocorrem são: a difusão de vapor devido ao gradiente de concentração, a difusão de água líquida em termos do gradiente de concentração e o escoamento capilar. Na segunda fase, a difusão da fase vapor é provavelmente o mecanismo dominante.

Fohr & Arnaud (1992), relatam que a temperatura do ar de secagem de alimentos pode variar entre 40 e 70° C, dependendo das condições do secador a

ser utilizado. Além disso, a velocidade do ar de secagem, em um secador de leito fixo, por exemplo, pode variar de 0,5 a 1,8 m/s. Com relação ao tempo de secagem, vários fatores podem influenciar esse parâmetro, tais como: pré-tratamentos, temperatura, velocidade e umidade do ar, variedade, origem do produto, tipo de secador, etc.

Em geral, o aumento da velocidade do ar e da temperatura aumenta a taxa de secagem, enquanto que um aumento na umidade relativa do ar e na espessura do alimento diminui a taxa.

No processo de secagem, o alimento encolhe consideravelmente, mudando sua forma e seu volume. Alguns autores têm admitido que o decréscimo de volume durante a secagem é aproximadamente igual ao volume reduzido de umidade (LOZANO et al., 1983).

No período de secagem à taxa constante, a água é evaporada da superfície de acordo com o fornecimento de calor para o sólido úmido, e, portanto a transferência de calor gás-sólido controla o processo. Como todo calor transferido é convertido em calor latente, pode-se representar a taxa de secagem da seguinte forma (CRANK, 1975):

$$Na = \frac{h(T_g - T_{bu})}{\lambda} \quad (3.11)$$

onde: Na - fluxo mássico (kg/h m²), h - coeficiente de transferência de calor (kcal/h m² °C), T_g - temperatura do ar (°C), T_{bu} - temperatura de bulbo úmido do ar (°C) e λ- calor latente de vaporização da água a T_{bu} (kcal/kg).

A principal teoria utilizada para interpretar a secagem de alimentos e de produtos agrícolas é a teoria de difusão da umidade como líquido ou vapor, representada pela segunda lei de Fick (CRANK, 1975):

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{ap} \nabla X) \quad (3.12)$$

onde, X – umidade (b.s.), t – tempo e D_{ap} – difusividade aparente.

Como o fenômeno de migração é complexo, trabalha-se com a difusividade efetiva, que engloba todos os efeitos que podem intervir no fenômeno. As soluções para a segunda lei de Fick aplicam-se a sólidos de forma geométrica simples e constante ao longo do processo.

A solução analítica de Crank (1975) abaixo pode ser utilizada se o sólido for uma esfera homogênea, de difusividade constante, cuja superfície entre em equilíbrio imediatamente com o ar de secagem e que o efeito do gradiente de temperatura seja desprezível.

$$\bar{M} = 6 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2 \pi^2} \exp\left(-n^2 \pi^2 \frac{D_{ap} t}{r^2}\right) \quad (3.13)$$

onde, \bar{M} é a umidade residual média $(X - X_{eq})/(X_0 - X)$, X é a umidade média da partícula (b.s.), X_{eq} é a umidade de equilíbrio (b.s.), X_0 é a umidade inicial (b.s.), D_{ap} é a difusividade aparente, t é o tempo e r é o raio da fruta.

Para alimentos com alto teor de umidade, como a maioria das frutas (uva, caqui, abacaxi, maçã, etc.), a variação de volume é grande. Por esta razão, as soluções analíticas não são aplicadas de forma exata e devem ser consideradas como aproximações da solução real.

Alguns modelos semi-teóricos são baseados na teoria da difusão, assumindo que a resistência ocorre numa camada fina na superfície das partículas, como o modelo de Lewis, análogo à lei do resfriamento de Newton. Esse modelo estabelece que a taxa de secagem é proporcional ao teor de água livre (PARRY, 1985).

É normalmente utilizada na forma integral, como:

$$\bar{M} = \frac{X - X^*}{X_o - X^*} = \exp(-Kt) \quad (3.14)$$

onde : \bar{M} - umidade residual média, t - tempo e K - constante de secagem.

Duas importantes modificações do modelo exponencial na forma integrada a dois e três parâmetros apresentam bons ajustes experimentais.

$$\frac{X - X^*}{X_o - X^*} = a \cdot \exp(-Kt) \quad (3.15)$$

$$\frac{X - X^*}{X_o - X^*} = \exp(-Kt^n) \quad (3.16)$$

A equação (3.15) é similar à solução do modelo de Fick para tempos de secagem longos quando apenas o primeiro termo da solução em série for significativo, ou seja, $n = 1$ (MC CORMICK, 1983).

A Equação 3.16 é conhecida como modelo de Page, sendo freqüentemente utilizado nos estudos da secagem de produtos agrícolas, em particular para grãos e sementes, por apresentar excelentes resultados (PATHAK, AGRAWAL e SINGH, 1991).

Misra & Brooker (1980) compilaram dados de secagem de milho em camada fina, de nove fontes diferentes, e ajustaram através da Equação de Page, observando que “n” reflete a resistência interna à secagem, enquanto “K” representa os efeitos das condições externas.

Gabas (1989) estudou a influência de pré-tratamentos na cinética de secagem da Uva rubi. As curvas de secagem foram ajustadas pela equação de Page. O parâmetro “K” variou linearmente com a temperatura do ar de secagem e “n” com a concentração de oleato de etila utilizado no tratamento. Outros autores como Doymaz & Pala (2002) e Pangavhane, Sawhney & Sarsavadia (1999), também estudaram a influência de pré-tratamentos na cinética de secagem e obtiveram bons resultados ajustando seus dados à equação de Page.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Matéria prima

Os experimentos foram realizados no Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual Paulista/UNESP, de São José do Rio Preto.

Foram utilizadas uvas (*Vitis vinifera*) cv. Rubi, referente à safra de junho a novembro de 2004, compradas no mercado local, imediatamente antes dos experimentos. Os ensaios foram realizados com uvas de tamanhos uniformes, maduras, com cascas rosadas e polpas firmes.



Figura 4.1: Uva Rubi.

Para os testes iniciais, foram utilizados o azeite de oliva de marca Figueira da Foz, óleo de soja da marca Soya, comprado em um mercado local e que apresenta as seguintes características quanto às gorduras totais: 2,5 g de saturadas, 3,5 g de monoinsaturadas e 8g de poliinsaturadas em uma porção de 15 mL.

A lecitina de soja foi cedida pela indústria Cargill Food Ingredient Latin America. Seu nome técnico é Leciprime 1800, é um fluido altamente transparente. É uma lecitina multifuncional, desenvolvida para uso em produtos de alta qualidade. De acordo com as análises realizadas pela Cargill a lecitina usada neste trabalho tinha umidade inicial de 58 % e viscosidade de 9 Pa.s a 25° C.

O diâmetro inicial da fruta foi quantificado posicionando-se o paquímetro no diâmetro paralelo ao pedúnculo e o conteúdo de sólidos solúveis foi analisado por leitura de grau Brix em refratômetro (Tabela 4.1). A umidade inicial de cada amostra (Tabela 4.1) foi determinada através do método gravimétrico em estufa a vácuo à temperatura de 60°C até peso constante (RANGANA, 1977), em triplicata. Os experimentos estão especificados na Tabela 4.2, referente, ao planejamento experimental.

Tabela 4.1: Características iniciais das amostras de uva

Experimento	Raio (cm)	Umidade (b.u.)	° Brix
1	1,32	81 %	11
2	1,20	80 %	14
3	1,23	85 %	14
4	1,14	82 %	13
5	1,24	82 %	12
6	1,24	82 %	13
7	1,10	81 %	13
8	1,95	80 %	11
9	1,20	82 %	12
10	1,20	85 %	14
11	1,26	80 %	11
12	1,20	82 %	12
13	1,24	81 %	14
14	1,22	83 %	13
15	1,16	84 %	12
16	1,22	90 %	11
17 - Uva <i>in natura</i>	1,29	84 %	11

4.2 Isotermas de dessecção

Amostras em triplicatas de uva Rubi (*Vitis vinifera*) foram inicialmente lavadas em água destilada e submetidas a três pré-tratamentos químicos: 1 - Tratamento com 6% de carbonato de potássio grau analítico e 2,5 % de óleo de oliva comercial; 2 - Tratamento com 5 % de lecitina de soja e 3 - Uva sem pré-tratamento químico (controle). O tempo de imersão na solução foi de 5 min à temperatura de 50°C. Os pré-tratamentos foram baseados no trabalho de Lourençon, 2004. Após o pré-tratamento, foram fatiadas manualmente (2 mm de espessura).

O teor de umidade de equilíbrio foi determinado às temperaturas de 33, 40, 49, 55, 61 e 68°C pelo método estático gravimétrico (JOWITT, 1983) para cada pré-tratamento. Onze soluções saturadas selecionadas (NaOH, LiCl, $KC_2H_3O_2$, $MgCl_2$, K_2CO_3 , $Mg(NO_3)_2$, $NaNO_2$, NaCl, KCl, $BaCl_2$, $CuSO_4$) foram usadas para se obter diferentes umidades relativas numa faixa de 0,04 a 0,98.

Cada solução foi transferida para um pote hermético de 200 mL, que possuía no seu interior um tripé, o qual serviu de suporte para os recipientes de plásticos com as amostras. Antes do uso dos potes e suportes, eles foram desinfetados com água sanitária comercial. As soluções salinas foram colocadas nos potes até uma altura de 1 cm a partir do fundo, com 2 gotas de formol, para evitar o desenvolvimento de microorganismos. As amostras tratadas e fatiadas, de massa inicial conhecida, foram colocadas sobre um recipiente de plástico suportado pelo tripé e os potes foram fechados e mantidos numa estufa com circulação de ar e temperatura controlada. Foram realizadas quantificações semanais da massa em balança analítica, até atingirem massa constante. A seguir, foram realizados testes

de umidade. O tempo requerido de equilíbrio foi de 4 a 5 semanas, baseado numa variação da massa expressa em base seca, que não excedeu $0,001 \text{ g}_{\text{água}} / \text{g}_{\text{sólido seco}}$.

4.3 Modelagem de equações das isotermas de dessorção

Alguns modelos de isotermas foram testados para os ajustes dos dados experimentais. Dentre os modelos escolhidos tem-se: o modelo de GAB (Equação 3.2), BET (Equação 3.5), Halsey modificado (Equação 3.8) e Lewicki (Equação 3.7). Os modelos matemáticos foram escolhidos devido ao grande uso no ajuste de isotermas de sorção de alimentos. Os parâmetros foram obtidos através de regressão não-linear dos dados experimentais, utilizando o programa Oringin 5.0. A avaliação do melhor modelo foi feita através do chi-quadrado (χ^2) (Equação 4.1), e do coeficiente de determinação (R^2).

4.4 Calores de Sorção

Os calores de dessorção da uva Rubi foram calculados a partir das isotermas de dessorção utilizando a equação de Clausius Clapeyron (Equação 3.9), de acordo com Rizvi, 1995.

Para as umidades (base seca) entre 0,25 e 0,05 $\text{Kg}_{\text{água}} / \text{Kg}_{\text{sólidos seco}}$, foram calculadas atividades de água, utilizando a equação do modelo de GAB (3.2). A seguir, foram obtidas curvas do logaritmo natural das atividades de água em função do inverso das temperaturas (K). Foi feita uma regressão linear no Oringin 5.0 considerando a equação (3.10) de TSAMI (TSAMI, 1990). Os valores do excesso do calor de sorção são os respectivos valores dos coeficientes lineares de cada curva, multiplicados pelo valor da constante universal dos gases.

4.5 Pré-tratamentos químicos prévios a secagem

As soluções foram preparadas numa razão de 50 % (kg uva / L de água). Os componentes utilizados nos pré-tratamentos foram: 2 e 4% (p/v) de lecitina de soja, 1 e 3 % (p/v) de carbonato de potássio e 2 e 4 % (p/v) de óleo de soja).

Os componentes da solução foram distribuídos com auxílio de um agitador. As uvas, ainda em cacho, foram imersas na emulsão sob agitação à temperatura fixa de 25°C. Os tempos de imersão foram de 3 e 7 min. Os efeitos dos pré-tratamentos foram observados por meio das curvas de secagens.

4.6 Descrição do secador de leito fixo

O secador (Figura 4.3) utilizado teve o ar aquecido por resistências elétricas e foi construído no Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas/UNESP de São José do Rio Preto.

As medidas referentes ao secador estão apresentadas na figura 4.3. O secador é formado por três seções principais: seção de entrada do ar, constituída de um ventilador centrífugo (raio = 20 cm), de marca Loren Sid, que confere a velocidade ao ar de entrada, seção de aquecimento, composta por cinco resistências elétricas independentes e câmara de secagem. As variáveis do processo foram monitoradas manualmente durante o processo.

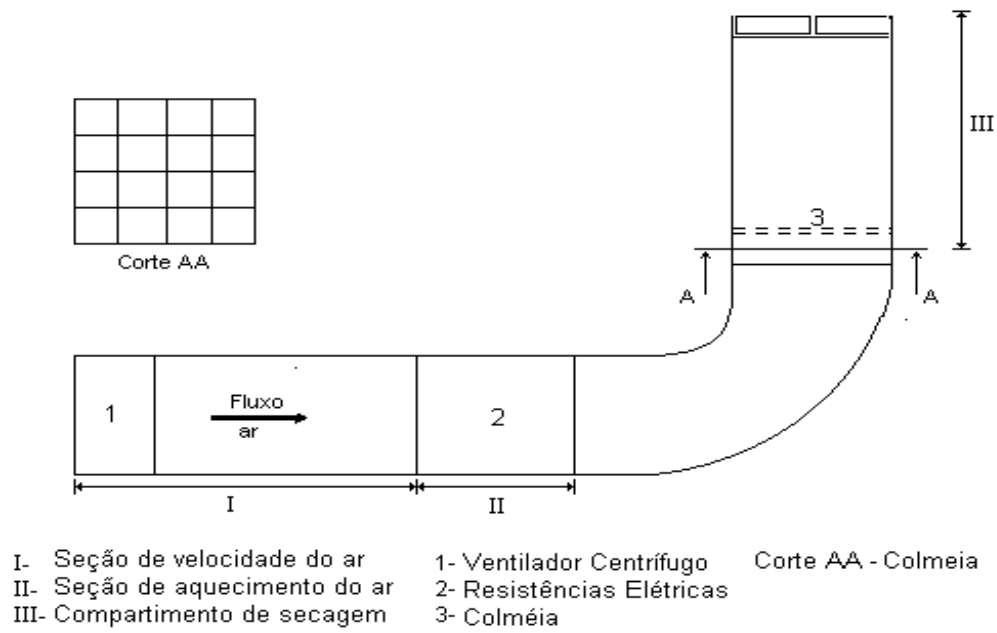


Figura 4.2: Secador de leito fixo.

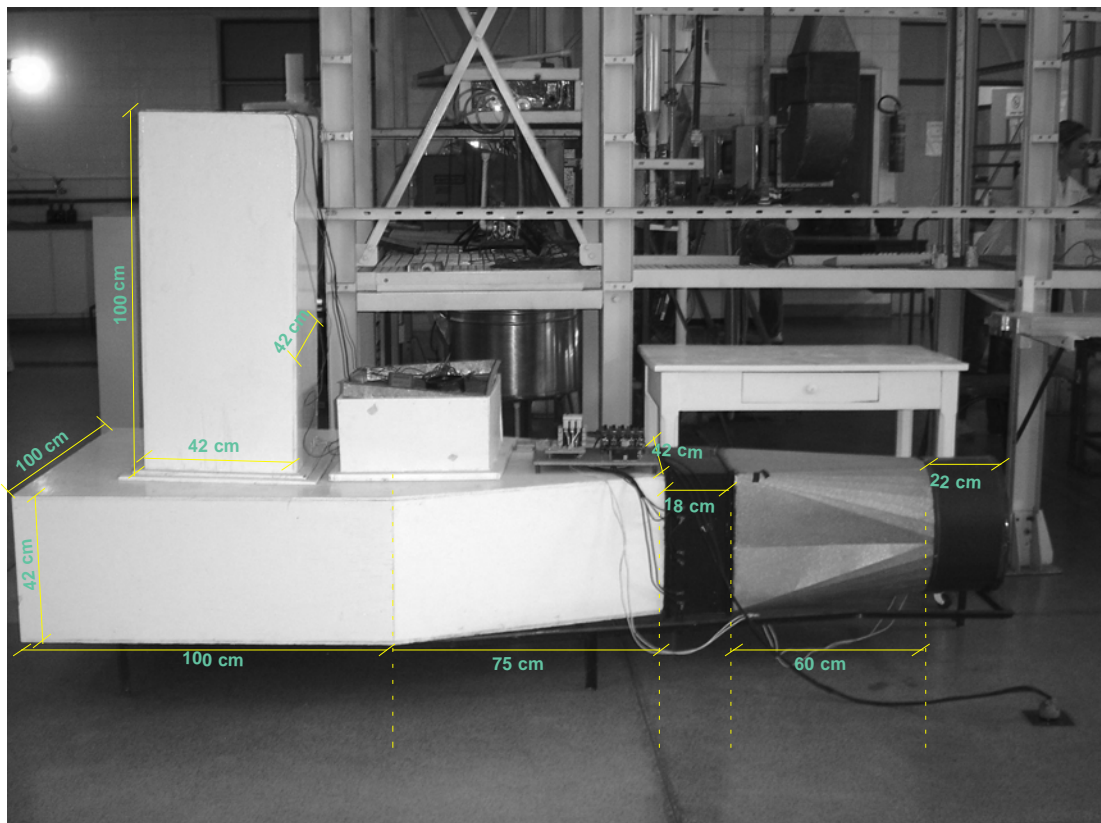


Figura 4.3: Vista do secador.

4.7 Operação do secador em leito fixo

O secador foi previamente colocado em condições pré-determinadas de secagem. A velocidade média do ar (0,9 m/s) foi ajustada pelo botão de regulagem do ventilador, a velocidade foi medida através de um anemômetro de ventoinha e a umidade relativa, por um termo-higrômetro (modelo HT-3004, marca Lutron), colocado no centro do interior do secador. A temperatura de entrada do ar foi ajustada pela combinação das resistências elétricas e medida através de três termopares conectados a um indicador de temperatura digital (Full Gauge), localizados diagonalmente no interior da câmara de secagem. O ar passava perpendicularmente por uma camada de bandejas. Para minimizar as diferenças das temperaturas na câmara de secagem, a cada pesagem, as bandejas foram trocadas de lugar.

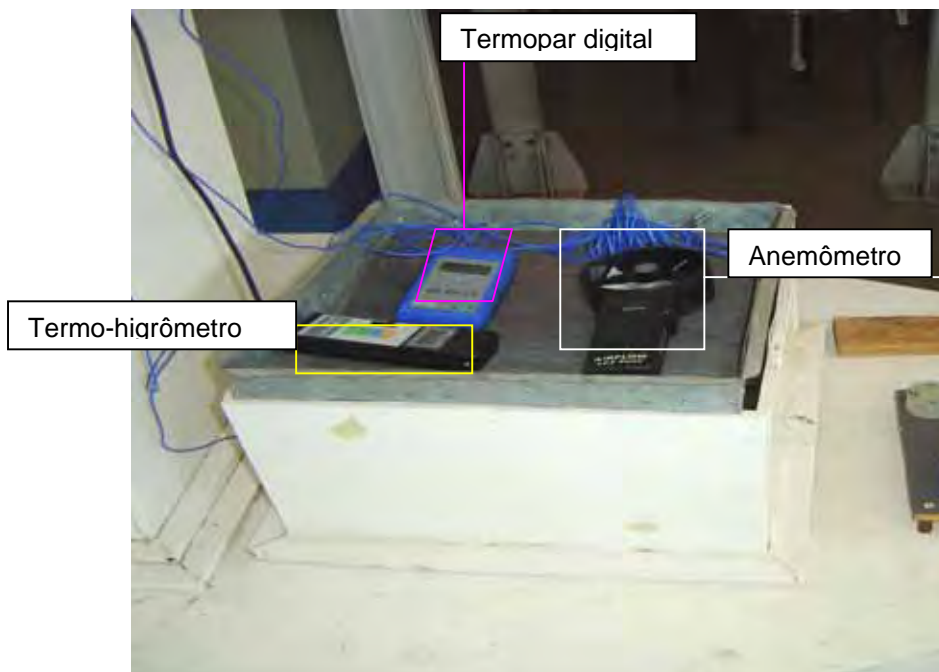


Figura 4.4: Vista dos aparelhos de medição.

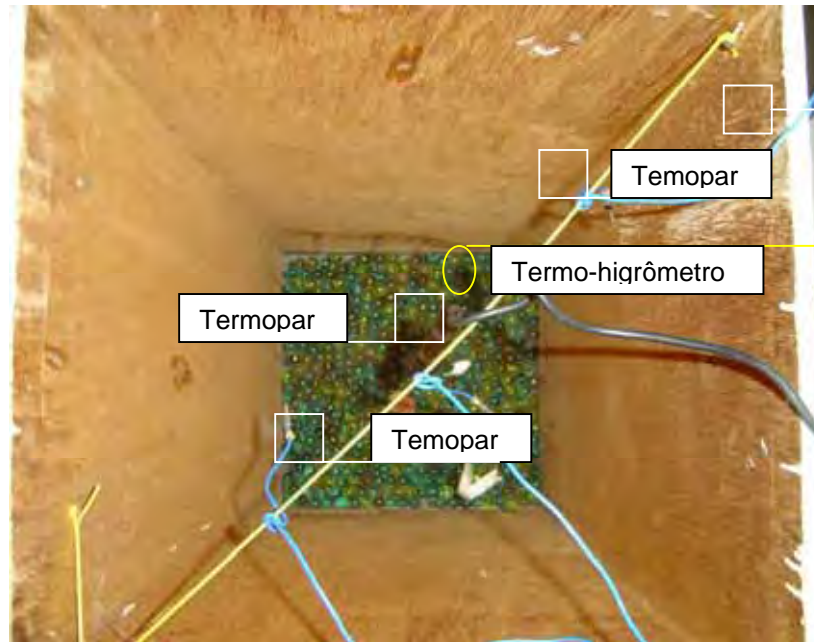


Figura 4.5: Vista do interior do secador (abaixo da bandeja).

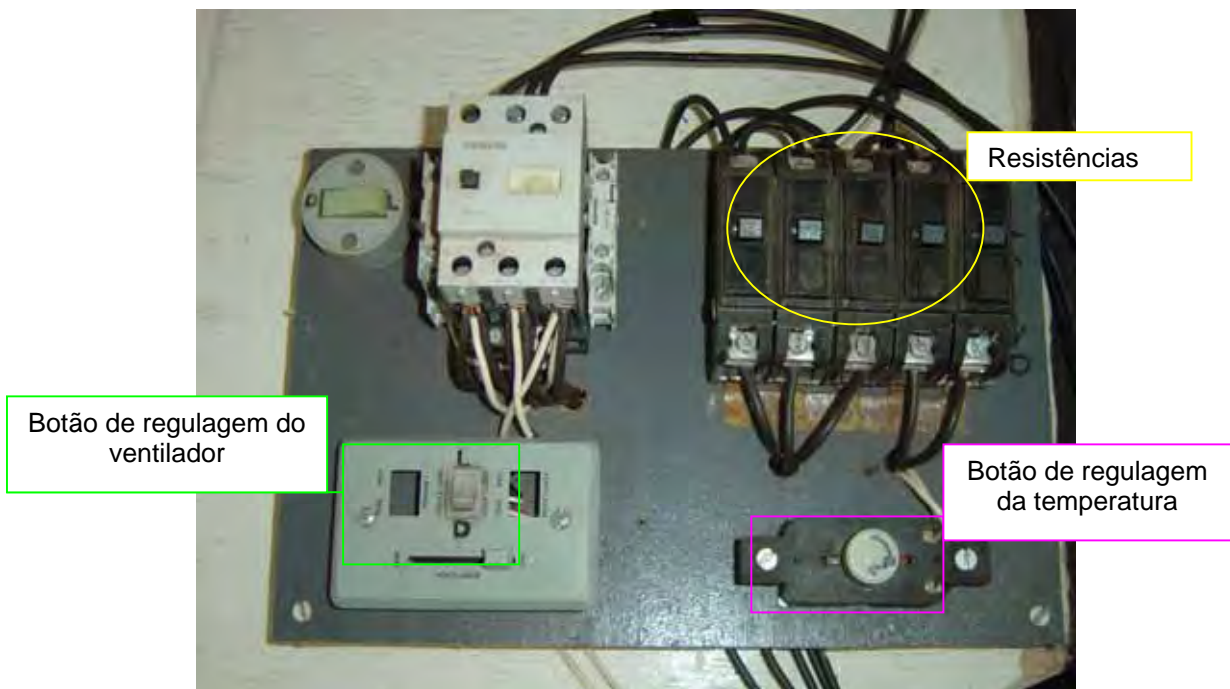


Figura 4.6: Vista do controle do secador

Os bagos da uva foram colocados nas bandejas (Figura 4.7) de maneira que, a distribuição fosse uniforme e ocupasse todo o espaço da bandeja, constituída por uma única camada.



Figura 4.7: Vista da bandeja com as amostras.

As leituras das temperaturas, de umidade relativa do ar de secagem, e a massa das amostras era quantificadas através de uma balança semi-analítica modelo BG2000 de precisão 0,01, nas na primeira hora de 15 em 15 minutos. Nas primeiras duas horas, de 30 em 30 minutos, nas doze seguintes em intervalos de 1 hora. Para tempos maiores, a pesagem era feita quatro vezes ao dia. Foi estabelecido que o tempo final de secagem seria alcançado quando a massa das bandejas permanecesse aproximadamente a mesmo.

4.8 Modelagem das curvas de secagem

As curvas de secagem foram obtidas por meio do modelo de Page (Equação 3.16). As curvas foram construídas a partir do adimensional da equação versus o tempo de secagem (horas).

Para se obter os valores dos adimensionais, é preciso ter o valor da umidade de equilíbrio das amostras, obtido pelo modelo escolhido de isoterma. A atividade de água foi atribuída ao valor médio da umidade relativa do ar de secagem.

Os parâmetros “K” e “n” foram obtidos por meio do ajuste dos dados experimentais ao modelo de Page, utilizando uma regressão não-linear, realizada pelo programa “Oringin 6.0”. A avaliação do ajuste foi feita através do valor de RMS. Quanto maior for o seu valor, maior será a discrepância entre os valores experimentais e os valores preditos.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum ((X_{ep} - X_{pred}) / X_{ep})^2}{N}} \quad (4.1)$$

X_{ep} = Adimensional $(X - X_{eq}) / (X_o - X_{eq})$ experimental;

X_{pred} = Adimensional $(X - X_{eq}) / (X_o - X_{eq})$ predito;

N = número de dados correspondentes a uma curva de secagem.

4.9 Cálculo do coeficiente de difusividade aparente

Os coeficientes de difusividade foram calculados a partir da equação de difusão (Equação 3.13), desenvolvida por Crank (1975), considerando-se geometria esférica, porém não se levou em conta o encolhimento da fruta.

4.10 Determinação da taxa de secagem

A partir do “software Origin versão 6.0”, todas as curvas de umidade residual contra o tempo forão ajustadas por mínimos quadrados com polinômios de grau 3, de acordo com a equação (4.2), e obteve-se coeficientes de determinação próximos a 1.

$$\frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = C_0 + C_1t + C_2t^2 + C_3t^3 \quad (4.2)$$

Esta equação (4.2) não é útil no projeto de secadores ou no estudo do fenômeno da secagem, mas resulta de grande utilidade na determinação da taxa de secagem a partir do cálculo da derivada dada na equação abaixo:

$$\frac{d\left(\frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}\right)}{dt} = C_1 + 2C_2t + 3C_3t^2 \quad (4.3)$$

4.11 Planejamento Experimental

O planejamento experimental foi feito no programa “Statistica 5.0”, do tipo 2**(4-0). Os fatores escolhidos em dois níveis foram: tempo de imersão (3 e 7 min), concentração da lecitina de soja (2 e 4% p/v), concentração de carbonato de potássio (1 e 3% p/v) e concentração de óleo de soja (2 e 4 % p/v). A temperatura de imersão das uvas no banho foi de 25°C.

Tabela 4.2: Planejamento experimental

Nº do Experimento	Tempo (min)	Lecitina (%)	Carbonato de potássio (%)	Óleo de Soja (%)
9	3	4	3	4
1	7	4	3	4
16	3	2	1	2
8	7	2	1	2
11	3	4	1	4
10	3	4	3	2
15	3	2	1	4
4	7	4	1	2
7	7	2	1	4
12	3	4	1	2
5	7	2	3	4
13	3	2	3	4
14	3	2	3	2
3	7	4	1	4
6	7	2	3	2
2	7	4	3	2

5 RESULTADOS

5.1 Isotermas de sorção

Quatro modelos de isotermas foram testados para ajustar os dados experimentais de sorção da uva 1) *in natura*, 2) pré-tratada com 6% de carbonato de potássio e 2,5% óleo de oliva e com 3) 5% lecitina de soja numa faixa de temperatura de 33 a 68°C: modelo de GAB, BET, Halsey e Lewicki. Os parâmetros estimados pelos modelos estão apresentados nas Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3. Todos os modelos se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais. A avaliação do ajuste foi feita por meio dos parâmetros R^2 (coeficiente de determinação) e χ^2 (chi-quadrado). O modelo escolhido foi o de GAB por ser um modelo simples e tradicional para alimentos.

Para uma melhor visualização, foram construídas isotermas da uva pré-tratada com 5% de lecitina de soja a 33 e 61°C com o intuito de comparar os modelos (Figuras 5.4 e 5.5). Os resultados mostraram que os ajustes dos modelos foram coincidentes em todo o intervalo de atividade de água.

Vagenas & Marinos-Kouris (1992) citados por Vasquez *et al.*, (1999) relataram que o valor de X_m (conteúdo de água na camada monomolecular), estimado pelo modelo de GAB, corresponde ao teor de umidade ótimo para estocar produtos desidratados. Vasquez *et al.* (1999), em seu estudo com uva de variedade Aledo e Muscatel a 25°C, encontraram um valor do parâmetro X_m próximo de 0,12 que correspondia a uma atividade de água de 0,5 (nas isotermas). Neste trabalho, obteve-se um valor de X_m igual a 0,1081 para uva Rubi a 61°C. Observando-se no gráfico da uva *in natura*, esse valor corresponde a uma atividade de água de aproximadamente de 0,52, próximo do encontrado por Vasquez *et al.* (1999). Este

valor está de acordo com o valor da faixa de atividade de água para as uvas desidratadas comerciais citada por esses autores ($0,63 \pm 0,2$). Essa faixa de atividade de água representa uma umidade de aproximadamente 17% (b.s.). Este é o valor padrão da umidade final das uvas passas comerciais (VASQUEZ, 1999)

Tabela 5.1: Parâmetros dos modelos de GAB, BET e Lewicki, Halsey modificado, chi-quadrado (χ^2) e coeficiente de determinação (R^2), calculados pelo ajuste das isotermas de dessorção da uva Rubi *in natura*.

Modelo	T (°C)	Parâmetros do Modelo*			$\chi^2 \cdot 10^4$	R^2
		C	K	Xm		
GAB	33	0,8408	0,9713	0,1449	0,7	> 0,99
	40	1,3212	0,995	0,1067	0,5	> 0,99
	49	1,5026	1,0149	0,0906	0,8	> 0,99
	55	0,8594	0,98	0,1223	0,8	> 0,99
	61	0,8642	0,999	0,1081	0,5	> 0,99
	68	0,7322	0,9868	0,1197	0,2	> 0,99
		C	Xm			
BET	33	1,6476	0,1067		2,3	> 0,99
	40	1,4918	0,1014		0,8	> 0,99
	49	1,0444	0,106		1,1	> 0,99
	55	1,2193	0,1012		0,3	> 0,99
	61	0,8801	0,1071		0,05	> 0,99
	68	0,9156	0,1049		0,8	> 0,99
		F	G	H		
Lewicki	33	0,1642	0,8251	7,4587	0,8	> 0,99
	40	0,1004	0,9959	1,8865	0,7	> 0,99
	49	0,0747	1,133	1,2759	0,7	> 0,99
	55	0,1074	0,9572	3,6186	0,06	> 0,99
	61	0,0842	1,0754	3,634	0,05	> 0,99
	68	0,0896	1,0401	4,1211	0,03	> 0,99
		k	c	r		
Halsey modificado	33	0,2009	1,1028	0,6507	0,3	> 0,99
	40	0,1548	1,0594	0,731	1,6	> 0,99
	49	0,1292	1,0279	0,7686	1,6	> 0,99
	55	0,2014	1,1199	0,0139	0,4	> 0,99
	61	0,1717	1,0783	0,6409	0,3	> 0,99
	68	0,1969	1,1123	0,5953	0,2	> 0,99

Tabela 5.2: Parâmetros dos modelos de GAB, BET e Lewicki, Halsey modificado, chi-quadrado (χ^2) e coeficiente de determinação (R^2), calculados pelo ajuste das isotermas de dessorção da uva Rubi Uva Rubi com pré-tratamento químico 2.5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 .

Modelo	T (°C)	Parâmetros do Modelo*			$\chi^2 \cdot 10^4$	R^2
		C	K	Xm		
GAB	33	0,8408	0,9713	0,1449	0,7	> 0,99
	40	1,3212	0,995	0,1067	0,5	> 0,99
	49	1,5026	1,0149	0,0906	0,8	> 0,99
	55	0,8594	0,98	0,1223	0,8	> 0,99
	61	0,8642	0,999	0,1081	0,5	> 0,99
	68	0,7322	0,9868	0,1197	0,2	> 0,99
BET		C	Xm			
	33	1,6476	0,1067		2,3	> 0,99
	40	1,4918	0,1014		0,8	> 0,99
	49	1,0444	0,106		1,1	> 0,99
	55	1,2193	0,1012		0,3	> 0,99
	61	0,8801	0,1071		0,05	> 0,99
68	0,9156	0,1049		0,8	> 0,99	
Lewicki		F	G	H		
	33	0,1642	0,8251	7,4587	0,8	> 0,99
	40	0,1004	0,9959	1,8865	0,7	> 0,99
	49	0,0747	1,133	1,2759	0,7	> 0,99
	55	0,1074	0,9572	3,6186	0,06	> 0,99
	61	0,0842	1,0754	3,634	0,05	> 0,99
68	0,0896	1,0401	4,1211	0,03	> 0,99	
Halsey modificado		k	c	r		
	33	0,2009	1,1028	0,6507	0,3	> 0,99
	40	0,1548	1,0594	0,731	1,6	> 0,99
	49	0,1292	1,0279	0,7686	1,6	> 0,99
	55	0,2014	1,1199	0,0139	0,4	> 0,99
	61	0,1717	1,0783	0,6409	0,3	> 0,99
68	0,1969	1,1123	0,5953	0,2	> 0,99	

Tabela 5.3: Parâmetros dos modelos de GAB, BET e Lewicki, Halsey modificado, chi-quadrado (χ^2) e coeficiente de determinação (R^2), calculados pelo ajuste das isotermas de dessecção da uva Rubi Uva Rubi com 5% de lecitina de soja.

Modelo	T (°C)	Parâmetros do Modelo*			$\chi^2 \cdot 10^4$	R^2
		C	K	Xm		
GAB	33	1,2732	0,9904	0,1104	0,5	> 0,99
	40	1,2729	0,9908	0,1087	0,5	> 0,99
	49	1,3351	0,9983	0,1011	1,5	> 0,99
	55	0,8062	0,9721	0,1294	0,8	> 0,99
	61	1,1599	1,0143	0,0914	0,1	> 0,99
	68	0,6511	0,9789	0,1343	0,1	> 0,99
BET		C	Xm			
	33	1,6459	0,1592		0,7	> 0,99
	40	1,588	0,2407		1,5	> 0,99
	49	1,3823	0,0996		1,3	> 0,99
	55	1,2887	0,0987		0,7	> 0,99
	61	0,8565	0,1062		1	> 0,99
68	0,9211	0,1085		0,3	> 0,99	
Lewicki		F	G	H		
	33	0,1117	0,9697	1,9852	0,7	> 0,99
	40	0,1063	0,9634	2,1778	1,4	> 0,99
	49	0,094	1,0135	1,9007	1,3	> 0,99
	55	0,1134	0,9242	3,8649	0,2	> 0,99
	61	0,0695	1,1572	1,8515	1,1	> 0,99
68	0,0952	1,0282	4,2722	0,2	> 0,99	
Halsey modificado		k	c	r		
	33	0,2009	1,1028	0,6507	0,3	> 0,99
	40	0,1548	1,0594	0,731	1,6	> 0,99
	49	0,1292	1,0279	0,7686	0,16	> 0,99
	55	0,2014	1,1199	0,6213	0,4	> 0,99
	61	0,1717	0,0783	0,6409	0,3	> 0,99
68	0,1969	1,1123	0,5953	0,2	> 0,99	

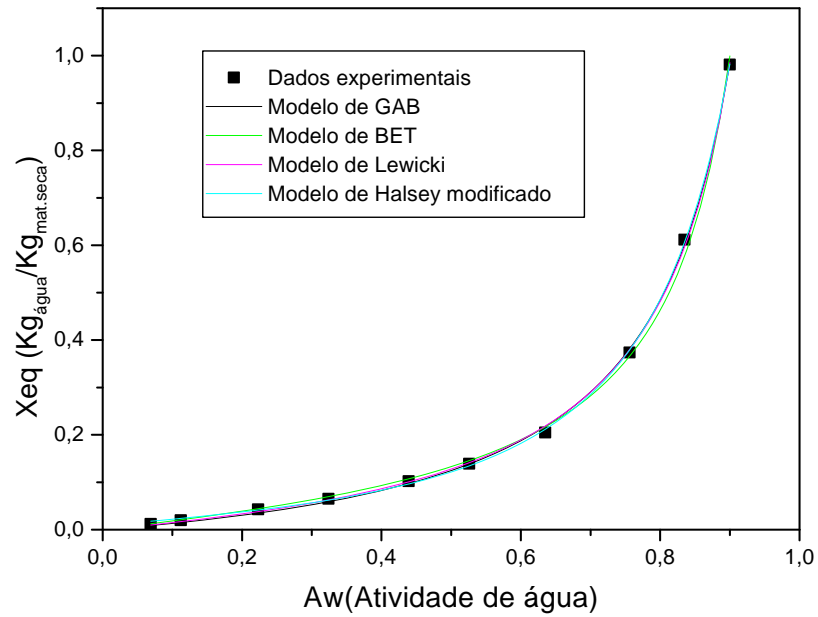


Figura 5.1: Isotermas de uva Rubi pré-tratada com 5% de lecitina de soja, na temperatura de 33°C, ajustadas pelos modelos de GAB, BET, Halsey e Lewicki.

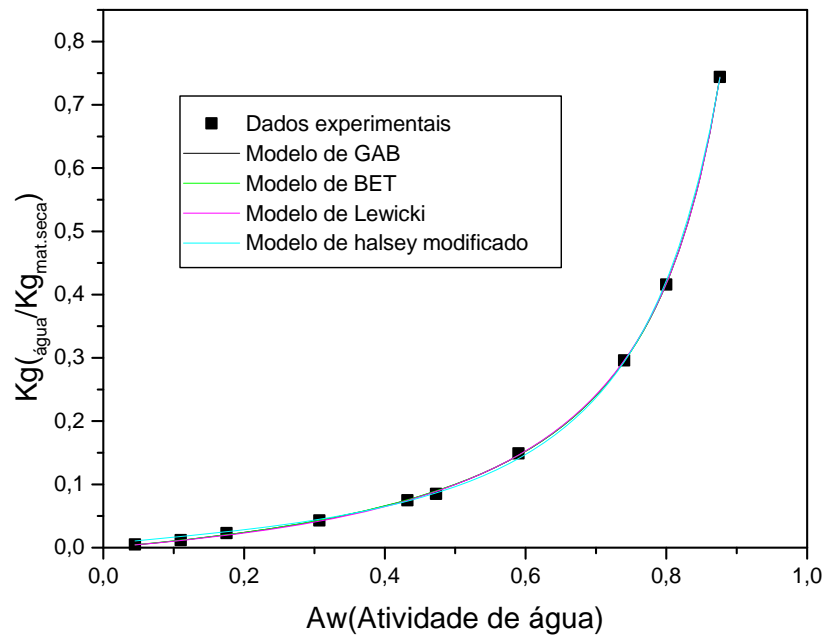


Figura 5.2: Isoterma da uva Rubi pré-tratada com 5% de lecitina de soja, na temperatura de 61°C, ajustadas pelos modelos de GAB, BET, Halsey modificado e Lewicki.

As figuras 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam as isotermas de sorção da uva Rubi *in natura*, pré-tratada com 6% de carbonato de potássio e 2,5% de óleo de oliva e com 5% de lecitina de soja, foram obtidas a seis temperaturas (33, 40, 49, 55 e 61, 68°C).

Os dados obtidos experimentalmente estão apresentados no apêndice A, Tabelas A1, A2 e A3. As figuras foram construídas sem o último dado experimental ($T = 68^{\circ}\text{C}$) para todas as temperaturas estudadas, porque, no final dos experimentos, as amostras começaram a apresentar crescimento de fungos, o que poderia mascarar os resultados.

Observa-se, em cada figura, que a temperatura teve pouca influência sobre o comportamento das isotermas de sorção.

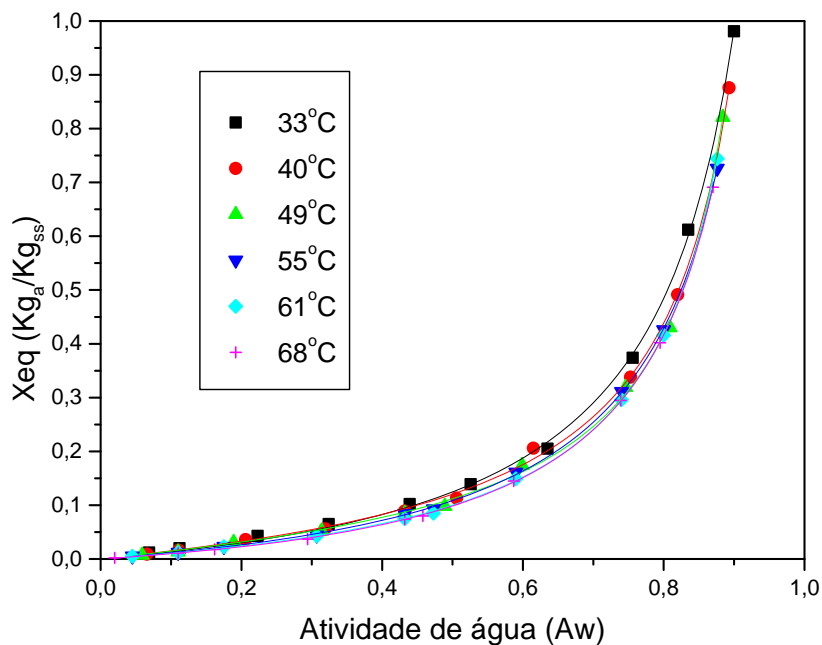


Figura 5.3: Isotermas de sorção para uva Rubi *in natura* a diferentes temperaturas

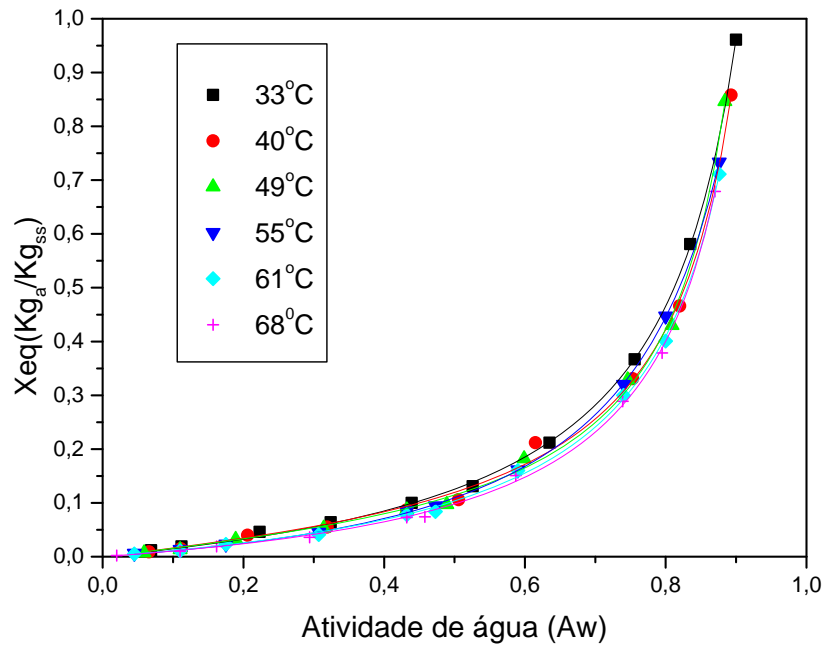


Figura 5.4: Isothermas de sorção para uva Rubi com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 a diferentes temperaturas.

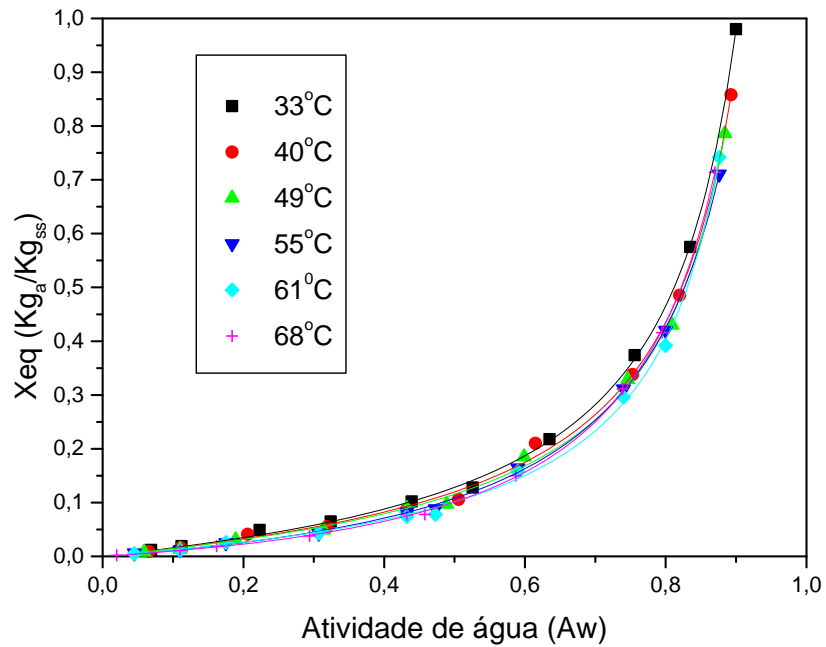


Figura 5.5: Isothermas de sorção para uva Rubi com 5% de lecitina a diferentes temperaturas.

As isotermas obtidas apresentaram um comportamento típico da curva do tipo III, na classificação de Van der Waals (Brunauer *et al*, 1940). De acordo com Rizvi (1986) esse comportamento de isotermas é característico de alimentos ricos em componentes solúveis. A umidade de equilíbrio aumenta a uma dada atividade de água, com o decréscimo da temperatura. Segundo Rizvi (1986) este comportamento é atribuído a mudanças químicas e físicas do alimento causadas pela mudança de temperatura.

Para baixas atividades de água, a curva da isoterma se apresentou suave inclinação, pois a água contida no alimento se encontra fortemente ligada a biopolímeros (proteínas, carboidratos, açúcares, etc) e, por isso, a água é desorvida (eliminada) mais vagarosamente ao realizar a secagem. À medida que a atividade de água aumenta, a curva se inclina mais rapidamente e, assim, desorve mais água na secagem.

Observou-se, ao longo das curvas (Figura 5.3, 5.4 e 5.5), alguns pontos de cruzamento. Esses cruzamentos ocorreram devido à proximidade das curvas de sorção a diferentes temperaturas. Entretanto, para atividades de água acima de 0,8, a curva referente a temperatura de 68 °C, tende a cruzar com as curvas de temperaturas inferiores. Esse cruzamento pode ser atribuído a maior dissolução dos açúcares em altas temperaturas.

Saravacos, Tsiourvas & Tsami (1986) e Ayrancy & Dognatan (1990) citados por Vazquez *et al*. (1999) observaram o cruzamento para atividades de água acima de 0,6, trabalhando com a uva de variedade Sultana. Kaymak-Ertekin e Gedik (2004) verificaram esse cruzamento para a mesma variedade de uva e atividade de água numa faixa de 0,6-0,8. Sá e Sereno (1993) explicaram esse comportamento não somente pela presença de açúcares, mas pela proporção de cada um. Gabas (1998)

relata que a presença de outros polissacarídeos, que adicionados, podem também influenciar na posição do cruzamento. Esses autores observaram que, em estudos passados, quando ocorria o cruzamento, havia formação de crosta de açúcar na superfície da uva para altas temperaturas. No trabalho em estudo, não foi verificada a formação da crosta.

Os efeitos dos pré-tratamentos sobre as isotermas foram testados para temperaturas de 33 e 61°C. De acordo com as figuras 5.6 e 5.7, os pré-tratamentos não tiveram influência sobre o comportamento das curvas de sorção, para as temperaturas estudadas, isto é, não afetaram a umidade de equilíbrio e, portanto não alteraram as condições de estocagem das uvas desidratadas. Kostaropoulos e Saravacos (1995) obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste estudo. Entretanto, Tsami *et al.* (1990) e Vasquez *et al.* (1999) observaram diferenças no comportamento das isotermas quanto aos pré-tratamentos para uma estreita faixa de atividade de água.

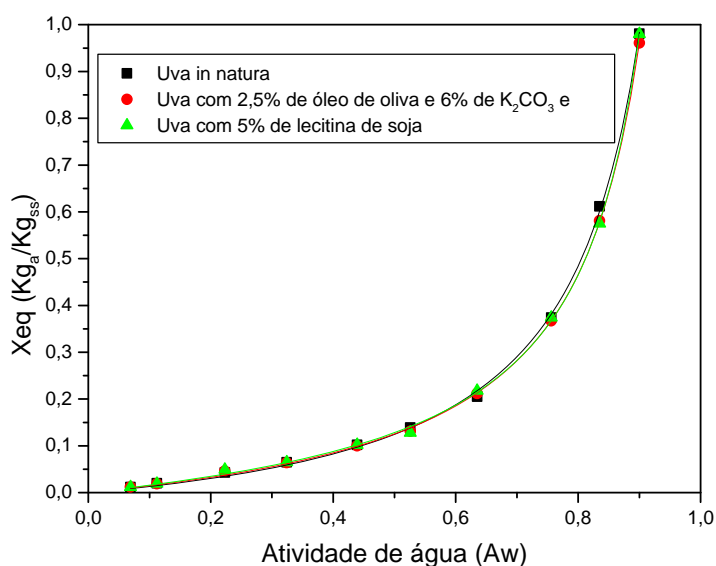


Figura 5.6: Isotermas da uva Rubi sem pré-tratamentos químicos, com 2,5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 e 5% de lecitina de soja, na temperatura de 33°C.

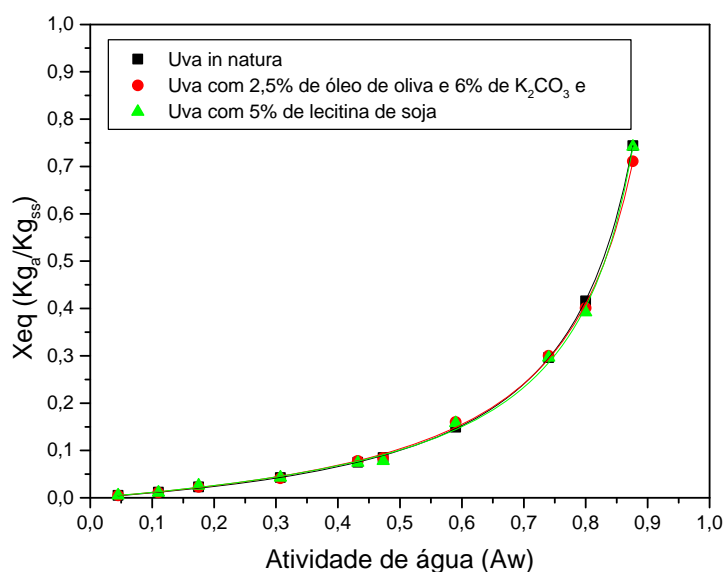


Figura 5.7: Isotermas da uva Rubi sem pré-tratamentos químicos, com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 e 5% de lecitina de soja, na temperatura de 61°C.

5.2 Calor Isostérico de Sorção

As figuras 5.8, 5.9, e 5.10 apresentam as isosteres, curvas que relacionam o logaritmo natural de atividades de água com o inverso da temperatura para determinados teores de água (b.s.). A partir dessas curvas é possível calcular os valores do calor total que é igual ao excesso de calor de sorção (q_{st}) mais o valor do calor de vaporização da água na mesma temperatura.

Por meio da verificação das figuras abaixo, pode-se observar o efeito da temperatura. Para baixos teores de umidade, a atividade de água aumenta com o aumento da temperatura.

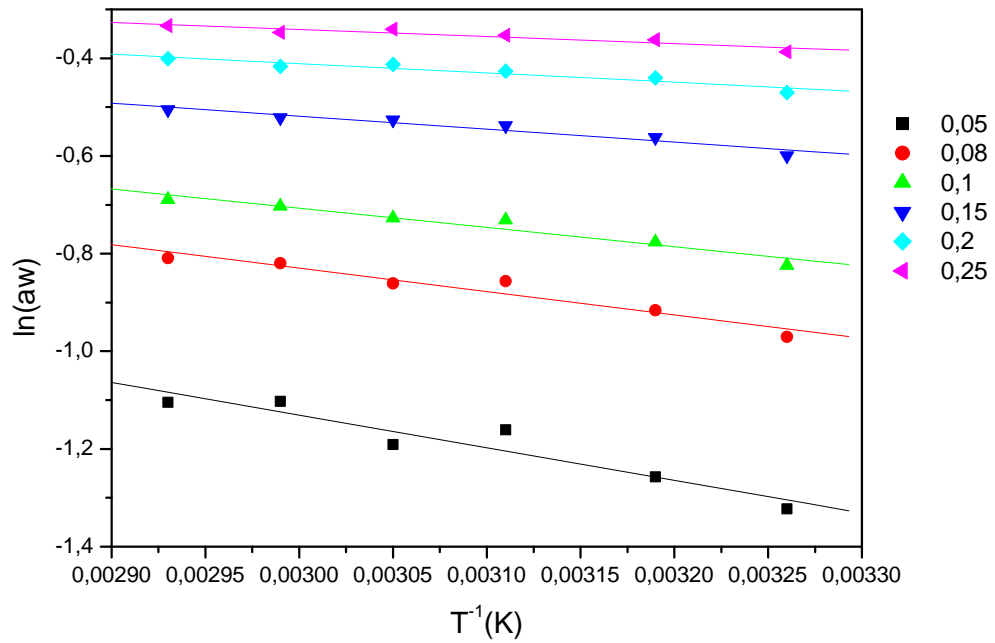


Figura 5.8: Isosteres para uva Rubi in natura.

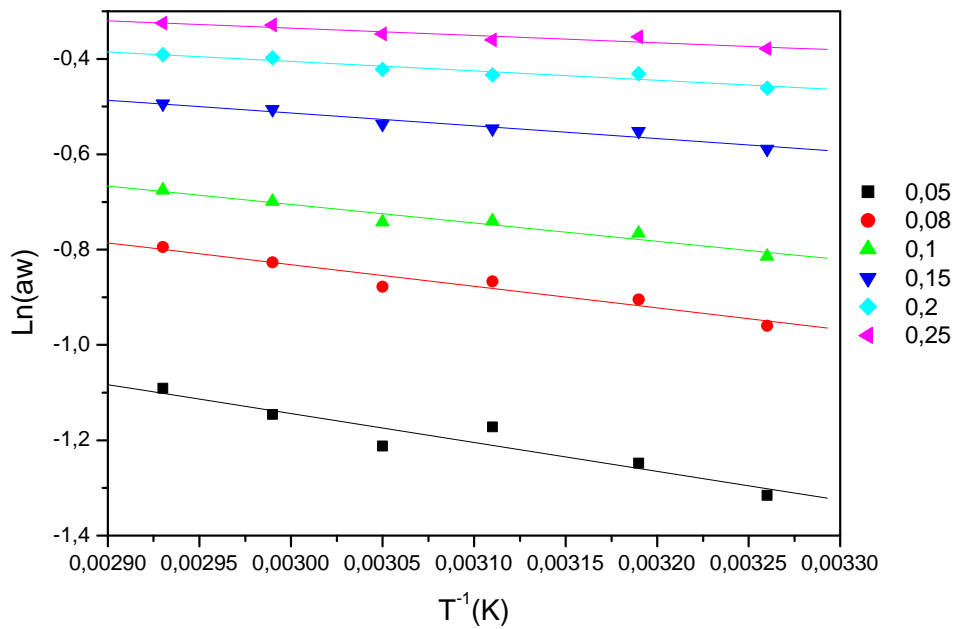


Figura 5.9: Isosteres para uva Rubi com 2,5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 .

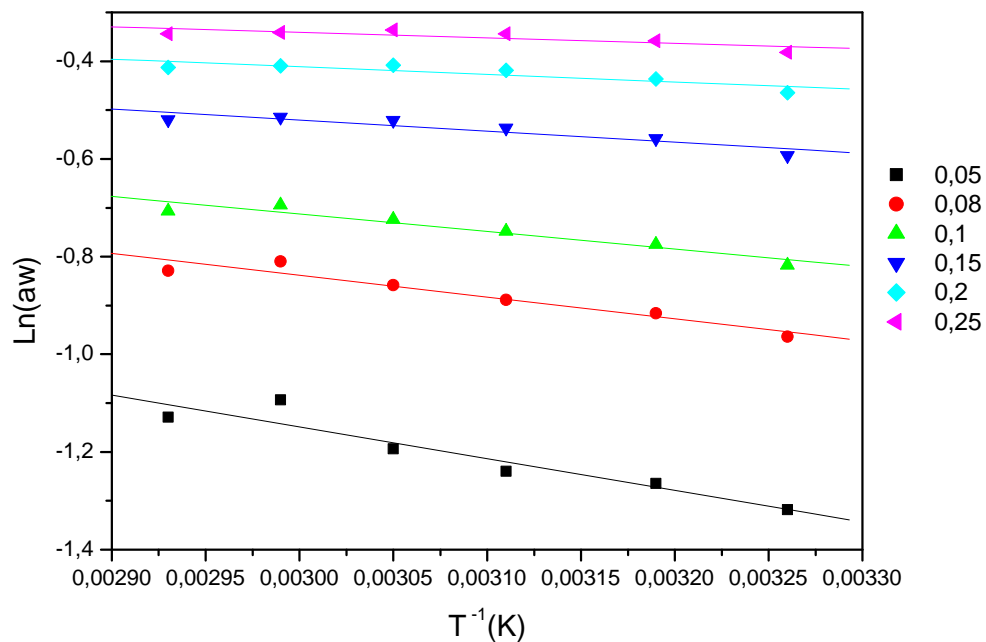


Figura 5.10: Isosteres para uva Rubi com 5% de lecitina de soja.

Os dados experimentais obtidos por meio das isosteres para a construção da curva do calor de sorção em função da umidade (b.s.), estão apresentados na tabela 5.4. Os dados foram obtidos ao se utilizar a Equação 3.9.

Tabela 5.4: Valores do Calor de sorção

Umidade (b. s.)	q_{st} (KJ/mol)		
	Uva Rubi In Natura	Uva Rubi com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3	Uva Rubi com 5% de lecitina de soja
0,05	5,547	5,034	5,402
0,08	3,975	3,771	3,708
0,1	3,279	3,209	2,985
0,15	2,202	2,227	1,882
0,2	1,585	1,650	1,291
0,25	1,201	1,270	0,929

Observa-se na figura 5.11 que o excesso de calor de sorção diminui à medida que a umidade aumenta. O elevado calor de sorção da água para baixos teores de umidade indica uma forte interação entre a água e os outros componentes da fruta.

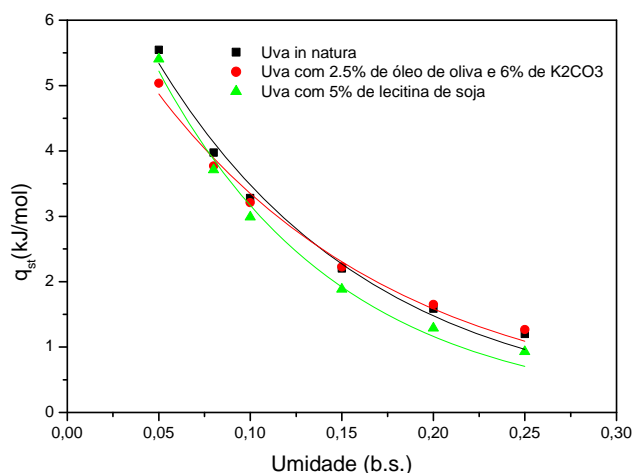


Figura 5.11: Curva do calor de sorção em função da umidade (b.s.) para uva Rubi sem pré-tratamentos químicos, com 2.5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 e 5% de lecitina de soja, na temperatura de $61^\circ C$.

Os dados experimentais do calor de sorção foram ajustados através da Equação (3.10) de Tsami *et al.* (1990). Os parâmetros obtidos estão na tabela 5.5.

Tabela 5.5: Parâmetros da equação de Tsami

Uva Rubi	q_0	X_0	χ^2
In Natura	2,19236	0,11684	0,04492
Uva com 5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3	7,07813	0,13365	0,02591
Uva com 5% de lecitina de soja	8,61139	0,09992	0,03963

5.3 Secagem

5.3.1 Testes preliminares

No início deste estudo foram feitos três testes experimentais preliminares a fim de verificar os parâmetros que poderiam ser mais efetivos sobre a taxa de secagem. Os dados e gráficos dos testes estão apresentados no apêndice B.

No teste 1, a uva foi imersa em soluções de mesma concentração de lecitina de soja e com diferentes tempos de imersão e temperatura do banho. Com os dados experimentais obtidos (Figura B1), verifica-se que a temperatura do banho e o tempo de imersão não influenciaram significativamente o tempo de secagem. Em

seguida, foi realizado o segundo teste (Figura B2) com os parâmetros, temperatura do banho e tempo de imersão, fixos em 35°C e 3 minutos, respectivamente. Nesse teste, utilizaram-se soluções de: 1) 3% de lecitina de soja, 2) 3% de lecitina de soja mais 2% de carbonato de potássio, 3) 2% de óleo de oliva mais 2% de carbonato de potássio e 3% de lecitina de oliva e 4) 3% de lecitina de soja e 2% de óleo de oliva. O pré-tratamento com solução de lecitina e óleo de oliva foi o melhor resultado, mas a lecitina ficava impregnada na superfície das uvas e esta hipótese foi removida. A solução de carbonato de potássio e lecitina de soja foi tão efetiva quanto a de carbonato de potássio e óleo de oliva, que já vem sendo usado em secagem que utilizam energia solar e, portanto foi utilizada. O uso do óleo de oliva foi baseado na literatura, porém, é um produto caro. Com o objetivo de substituí-lo por um produto equivalente, o óleo de soja, foi usado no terceiro teste (Figura B3). A partir dos dados experimentais do teste 3, verificou-se que a substituição do óleo de oliva por óleo de soja foi positiva, pois o pré-tratamento com solução de óleo de soja, lecitina e carbonato contribuiu significativamente na redução do tempo de secagem.

5.3.2 Ajuste da curva de secagem

Dois modelos para o ajuste dos dados experimentais foram testados: modelo de Page e a resolução analítica da segunda lei de Fick. O segundo modelo não representou bem os dados experimentais com valores dos coeficientes de determinação (R^2) inferiores a 0,85. Isso pode ser atribuído ao fato de que o encolhimento da fruta não foi considerado no cálculo. Entretanto, os valores de coeficiente de difusão aparente médio, estão de acordo com a literatura pesquisada. Os resultados dos ajustes por meio da equação de Fick estão apresentados na tabela 5.6.

O modelo de Page forneceu valores de R^2 superiores a 0,99. Porém, para tempos longos de secagem o modelo não ajustou tão satisfatoriamente os dados. Com o objetivo de confirmar o ajuste deste modelo, foi calculado o RMS (Equação 4.1). Para o cálculo do RMS foram retirados os últimos dados experimentais da secagem. Os valores do RMS estão apresentados na tabela 5.7 e indica que o ajuste foi satisfatório. O modelo de Page estimou os valores de duas constantes “K” e “n”, e através dele foi possível calcular os valores do tempo de secagem necessário para obter uma umidade final nas uvas desidratadas de 17% (b. s.). Os parâmetros e os valores de tempos estão apresentados na tabela 5.7. Verifica-se na tabela 5.7 que para maiores valores de “k”, menores os tempos de secagem. Portanto, o parâmetro “K” está relacionado inversamente com o tempo de secagem e conseqüentemente com a otimização do processo.

Tabela 5.6: Parâmetros obtidos através da equação de Fick.

Experimento	Raio inicial da uva (cm)	Coefficiente de difusividade aparente médio (m^2/s)	R^2
1	1,31	3,62E-10	0,7137
2	1,20	2,73E-10	0,7906
3	1,22	2,61E-10	0,8422
4	1,13	2,06E-10	0,7672
5	1,24	2,83E-10	0,8476
6	1,23	1,98E-10	0,7761
7	1,1	2,50E-10	0,8027
8	1,19	3,41E-10	0,7721
9	1,23	2,44E-10	0,8027
10	1,18	2,90E-10	0,8060
11	1,26	2,86E-10	0,7201
12	1,21	2,28E-10	0,7258
13	1,24	3,35E-10	0,872
14	1,22	2,46E-10	0,8416
15	1,16	2,43E-10	0,8344
16	1,21	2,63E-10	0,8038
<i>Uva in natura</i>	1,21	8,73E-10	0,7346

O modelo de Page forneceu valores de R^2 superiores a 0,99. Porém, para tempos longos de secagem o modelo não ajustou tão satisfatoriamente os dados. Com o objetivo de confirmar o ajuste deste modelo, foi calculado o RMS (Equação 4.1). Para o cálculo do RMS foram retirados os últimos dados experimentais da secagem. Os valores do RMS estão apresentados na tabela 5.7 e indica que o ajuste foi satisfatório. O modelo de Page estimou os valores de duas constantes “K” e “n”, e através dele foi possível calcular os valores do tempo de secagem necessário para obter uma umidade final nas uvas desidratadas de 17% (b. s.). Os parâmetros e os valores de tempos estão apresentados na tabela 5.7. Verifica-se na tabela 5.7 que para maiores valores de “k”, menores os tempos de secagem. Portanto, o parâmetro “K” está relacionado inversamente com o tempo de secagem e conseqüentemente com a otimização do processo.

Tabela 5.7: Parâmetros obtidos pelo ajuste do modelo de Page e valores do tempo de secagem necessários para a uva atingir 17% de umidade em base seca (14,5% base úmida).

Experimentos	K (h^{-1})	n	tempo (h)	RMS
1	0,0561	1,4199	17,79	8,47
2	0,0328	1,4057	26,46	20,3
3	0,0356	1,3622	28,48	20,4
4	0,0286	1,3001	39,75	18,74
5	0,0375	1,3832	26,44	12,92
6	0,0283	1,4818	25,17	19,32
7	0,0321	1,3831	29,17	17,98
8	0,0495	1,4011	19,89	18,02
9	0,0579	1,2902	22,23	20,45
10	0,0297	1,4377	28,41	10,75
11	0,0382	1,388	24,72	24,98
12	0,0472	1,4073	22,85	8,06
13	0,0443	1,4145	22,63	32,98
14	0,0388	1,2593	36,2	42,52
15	0,0324	1,3343	34,23	13,52
16	0,0462	1,2633	35,87	16,96
<i>Uva in natura(17)</i>	0,0176	1,2126	80,53	13,2

Por meio da análise da figura 5.12, pode-se comparar os ajustes das curvas de secagem da uva Rubi para os dois modelos testados e, assim, concluir que o ajuste dos dados experimentais pelo modelo de Page foi mais satisfatório que o modelo de Fick.

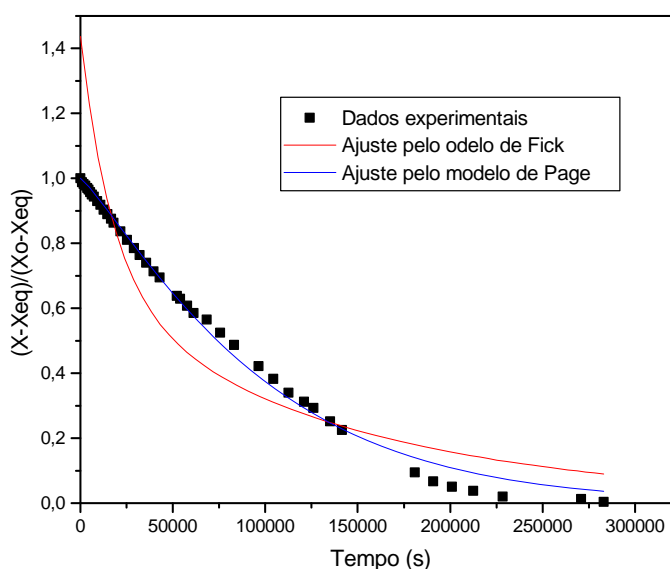


Figura 5.12: Comparação do ajuste de modelo de Fick e Page para a uva sem pré-tratamento químico.

5.3.3 Análise Estatística

A influência dos pré-tratamentos sobre a cinética de secagem foi avaliada, pela análise estatística dos efeitos dos pré-tratamentos químicos - tempo de imersão da uva e concentrações de lecitina de soja, carbonato de potássio e óleo de soja nas emulsões - sobre o parâmetro “K” do modelo de Page. Esse parâmetro foi escolhido porque está relacionado com o tratamento efetuado.

Os resultados da análise de variância estão apresentados na tabela 5.8. Por meio dos resultados obtidos, observa-se que o tempo de imersão e suas interações com as concentrações dos componentes em estudo não foram

significativos no nível de 5%. Isso indica que podemos adotar o tempo menor de 3 minutos para a imersão das uvas nas soluções dos pré-tratamentos.

Por outro lado, as interações entre as concentrações de lecitina e óleo de soja, bem como entre as concentrações de carbonato de potássio e óleo de soja foram significativas ($p < 0,05$), interferindo de maneira positiva na redução do tempo de secagem.

Tabela 5.8: Resultados da análise estatística dos dados experimentais.

Fatores	SQ	GL	p
Tempo (1)	7,32E-05	1	0,2200
Lecitina de soja(2)	1,85E-05	1	0,5130
Carbonato de potássio (3)	1,48E-05	1	0,5568
Oleo de soja (4)	6,90E-05	1	0,2318
1 e 2	1,86E-06	1	0,8323
1 e 3	3,63E-07	1	0,9252
1 e 4	8,11E-06	1	0,6606
2 e 3	9,04E-05	1	0,1802
2 e 4	0,0002	1	0,0427
3 e 4	0,0006	1	0,0096

SQ – Soma dos quadrados dos resíduos.

GL – Grau de liberdade.

A figura 5.13 mostra uma tendência de aumento do parâmetro “k” com o aumento das concentrações da lecitina de soja e óleo de oliva, em emulsão com 3% de carbonato de potássio, e tempo de imersão de 3 minutos. Observa-se na figura 5.14, a interação entre o óleo de soja e o carbonato de potássio, em emulsão com 4% de lecitina de soja, e tempo de imersão de 3 minutos. A medida que aumenta-se as concentrações desses componentes, há também uma aumento do valor de “k”. Provavelmente, o aumento do parâmetro “K”, está diretamente associado ao aumento da permeabilidade da água através da casca da uva Rubi, causado pela ação da lecitina e dos produtos resultantes de reações de

saponificação dos ácidos graxos do óleo de soja em meio alcalino, os quais podem remover ou modificar a película de cera da superfície da uva.

As interações entre as concentrações de óleo de soja e carbonato de potássio, em emulsão com 4% de lecitina de soja, forneceram valores do parâmetro “K” superiores as interações entre as concentrações da lecitina e óleo de soja, em emulsão com 3% de carbonato de potássio.

,No entanto, por meio da figuras 5.15, verifica-se que, o aumento no valor do parâmetro “k” também é favorecido quando se utilizam nos pré-tratamentos, emulsões de com as mínimas concentrações dos componentes estudados. Possivelmente, pode estar ocorrendo uma reação química, entre o óleo e o carbonato, quando estes, em emulsão com 1% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a 25°C.

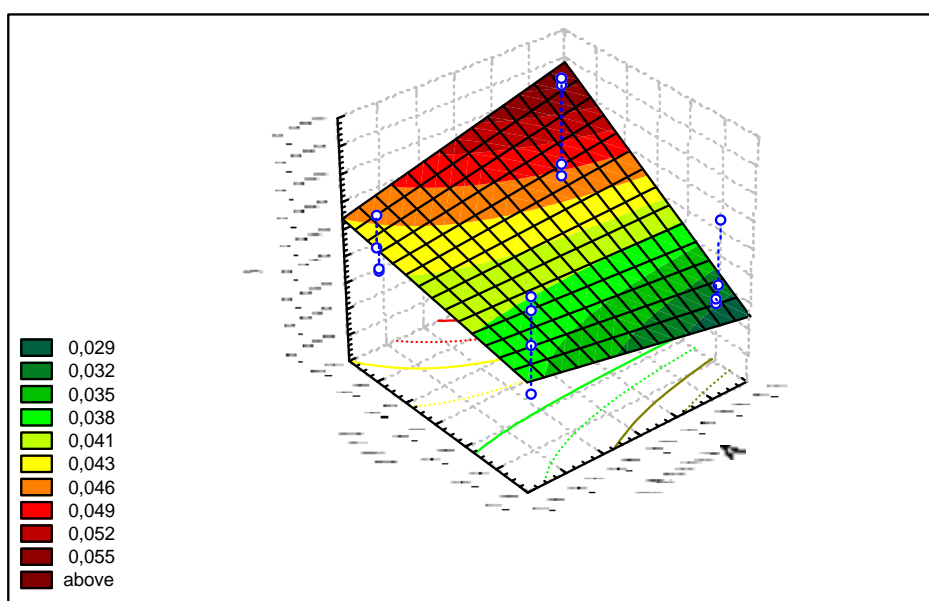


Figura 5.13: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de lecitina e óleo de soja em emulsão com 3% de K_2CO_3 , com tempo de imersão de 3 minutos a 25°C.

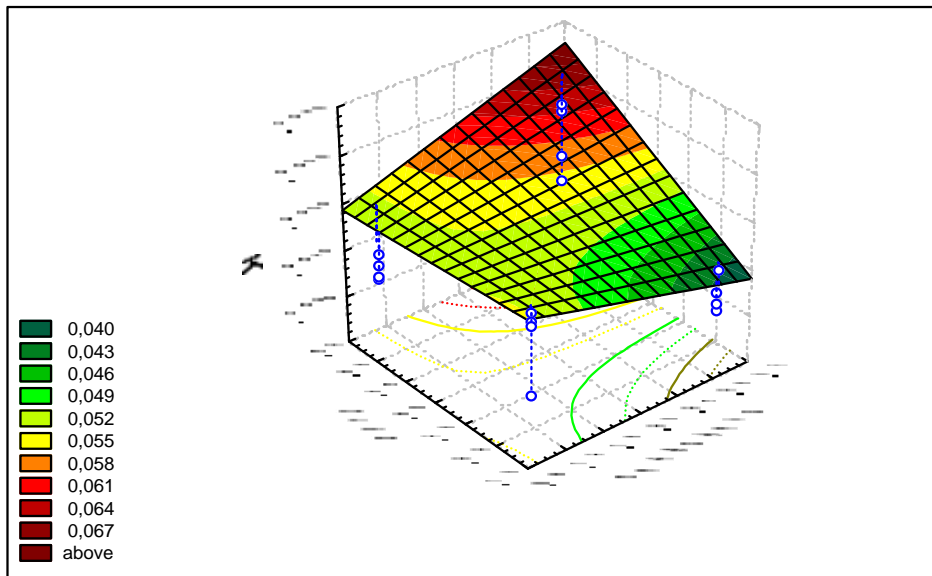


Figura 5.14: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de óleo de soja e K_2CO_3 em emulsão com 4% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a $25^\circ C$.

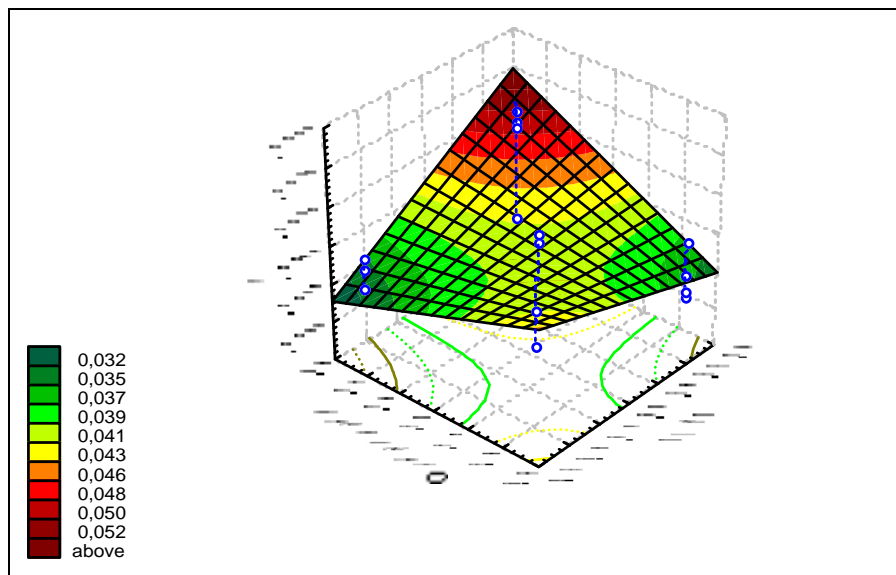


Figura 5.15: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de óleo de soja e K_2CO_3 em emulsão com 2% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a $25^\circ C$.

A figura 5.16 mostra a interação entre as mínimas concentrações de óleo e lecitina de soja em emulsão com 1% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a 25°C. À medida que diminui a concentração não há um aumento considerável no parâmetro “k”.

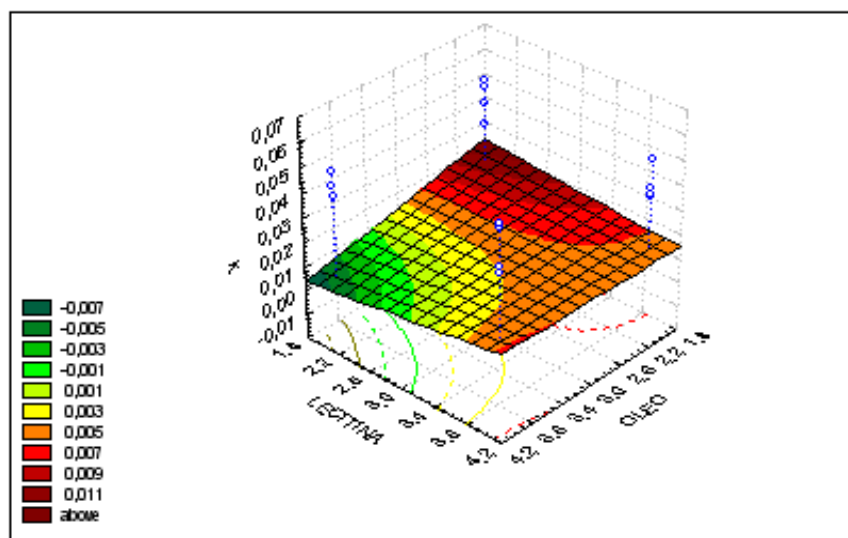


Figura 5.16: Superfície de resposta do parâmetro K em função das concentrações de óleo e lecitina de soja em emulsão com 1% de lecitina de soja, com tempo de imersão de 3 minutos a 25°C.

5.3.4 Curvas de secagem

A figura 5.17 representa as curvas de secagem de todos os experimentos realizados neste estudo. Observa-se que os pré-tratamentos a base de lecitina, óleo de soja e carbonato de potássio, reduziram o tempo de secagem. Estes resultados estão de acordo com os resultados da análise estatística. A imersão da uva Rubi nas emulsões na temperatura de 25°C foi eficiente, pois reduziu o tempo de secagem.

Verifica-se que as uvas que foram pré-tratadas com: 4 % de lecitina de soja, 4 % de óleo de soja e 3 % de K_2CO_3 durante 7 minutos a temperatura ambiente (Exp. 1); com 2 % de lecitina de soja, 2 % de óleo de soja e 1 % de K_2CO_3

durante 7 minutos a temperatura ambiente (Exp. 8); com 4 % de lecitina de soja, 2 % de óleo de soja e 1 % de K_2CO_3 durante 3 minutos a temperatura ambiente (Exp. 12) e com 2 % de lecitina de soja, 4 % de óleo de soja e 3 % de K_2CO_3 durante 3 minutos a temperatura ambiente (Exp. 13); atingiram uma umidade final de 17 b. s. em menores tempos em relação aos outros experimentos. A redução do tempo da secagem das uvas pré-tratadas em relação ao das uvas sem pré-tratamento foi de 78%, 75%, 72% e 72% respectivamente aos experimentos 1, 8, 12 e 13. Estes resultados de redução do tempo de secagem, quando comparados com outros autores, indicam bons resultados. A secagem da uva com o pré-tratamento 4: 4 % de lecitina de soja, 2 % de óleo de soja e 1 % de K_2CO_3 durante 7 minutos a temperatura ambiente ($25^{\circ}C$) apresentou o pior resultado.

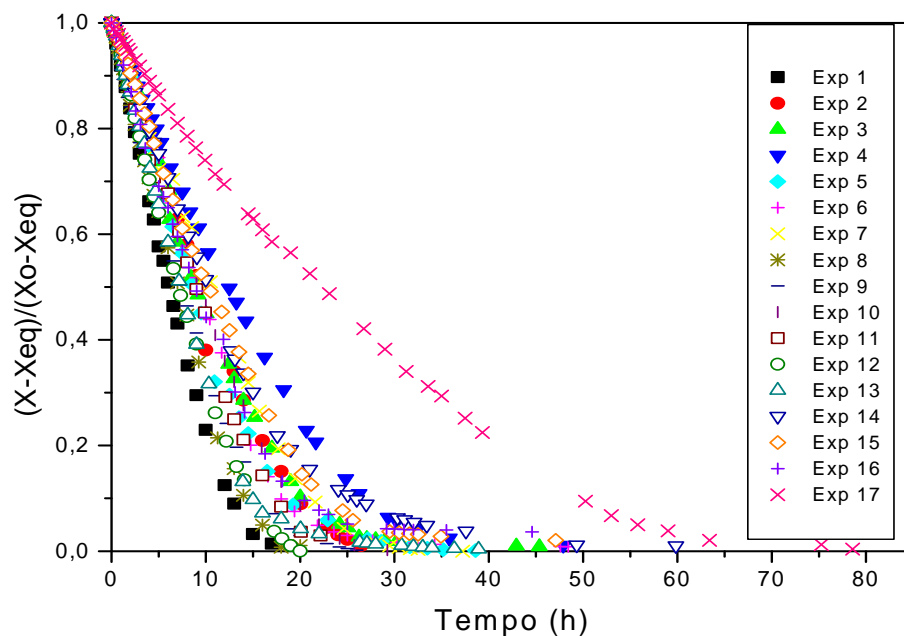


Figura 5.17: Curvas de secagem de todos os experimentos de secagem.

Os resultados encontrados estão de acordo com Grncarevic (1963) e Pointing e Mc Bean (1970). Eles relatam, em seus trabalhos, que surfactantes, resultantes da reação de óleo, ácidos graxos e componentes alcalinos, podem remover a cera da superfície da uva e reduzir o tempo de secagem.

Emulsão é um sistema bifásico de dois líquidos imiscíveis. Os materiais imiscíveis são geralmente água, óleo, ou gordura (LISSANT, 1974). A emulsão estudada apresentou três componentes importantes: o carbonato de potássio que ajudou na dissolução dos outros componentes na água, a fim de homogeneizar a solução; a lecitina de soja, emulsificante natural, é composta por ácidos graxos, principalmente linoléico e linolênico, (parte apolar) e uma base nitrogenada chamada colina (parte polar). A presença de uma parte apolar e outra polar confere à lecitina a característica de substância surfactante, muito utilizada em alimentos. O óleo de soja tem na sua composição o óleo de oliva, responsável pela síntese do oleato de etila, que age na superfície da uva modificação ou remoção a cera presente. É possível que a presença deste ácido graxo no óleo de soja favoreça as reações de modificação da cera da superfície da casca da uva.

Riva e Masi (1986) relatam que o oleato de etila age na superfície da uva dissolvendo a cera que oferece resistência à transferência de umidade. Di Matteo *et. al* (2000), estudaram um método de abrasão física para remoção da cera da casca da uva e compararam com o método de pré-tratamento com solução de 2% de oleato de etila. Ao analisar a casca tratada, no microscópio eletrônico, eles observaram o efeito do oleato de etila sobre a mesma. O composto ajuda a solubilizar a camada de cera e promove a formação de pequenos poros que favoreceram a saída da umidade da fruta. O método de abrasão física resultou numa remoção completa da cera.

Neste trabalho, dois tempos de imersão da uva no pré-tratamento foram estudados: 3 e 7 minutos. As uvas submetidas a esses tempos não sofreram fissuras na cascas. As uvas tratadas com a emulsão apresentaram uma cor final mais clara em relação à uva sem pré-tratamentos (Figura 5.18 e 5.19), pois a uva pré-tratada não fica tanto tempo exposta a altas temperaturas, isto é, o tempo de secagem é muito menor e o escurecimento não é tão drástico.



Figura 5.18: Uva sem pré-tratamento químico



Figura 5.19 : Uva com pré-tratamento- químico

5.3.5 Taxa de secagem

As figuras 5.20 a 5.36 representam a taxa de secagem em função da umidade da amostra. Embora as curvas de taxa de secagem dos experimentos 1, 8, 10, 11 e 12 apresentem semelhanças no comportamento, não foi encontrado nenhum fator em comum para poder se atribuir a esse comportamento. Pode-se observar nas figuras 5.20 a 5.36 a predominância do período da taxa decrescente. Nicoletti (2001), no seu estudo sobre desidratação de abacaxi, explica este fenômeno a partir de que toda a água transferida do interior da fruta para superfície é evaporada e o fenômeno que prevalece é o de difusão interna.

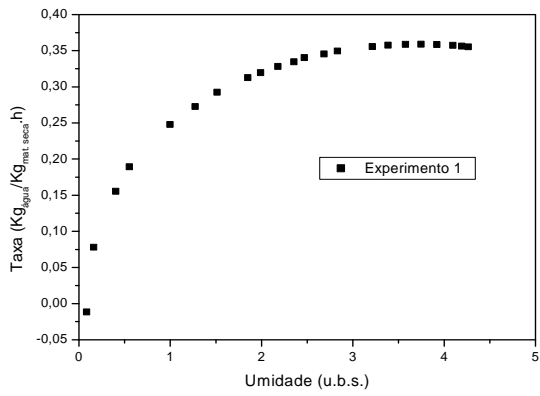


Figura 5.20: Taxa de secagem do experimento 1.

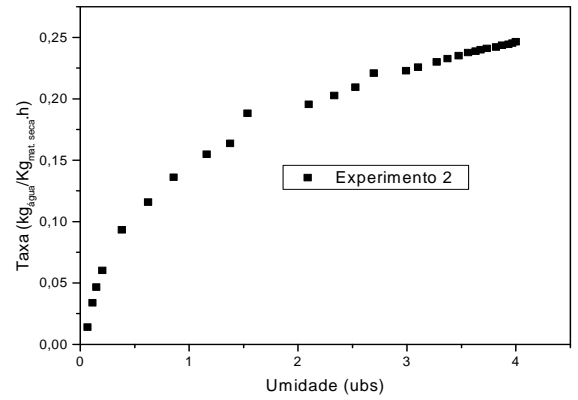


Figura 5.21: Taxa de secagem do experimento 2.

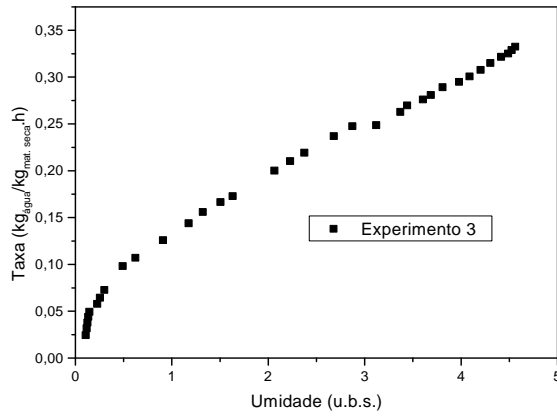


Figura 5.22: Taxa de secagem do experimento 3.

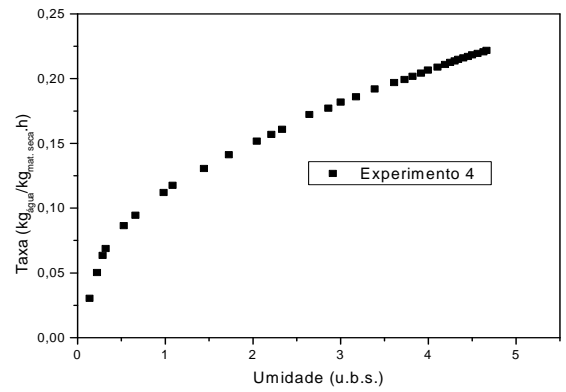


Figura 5.23: Taxa de secagem do experimento 4.

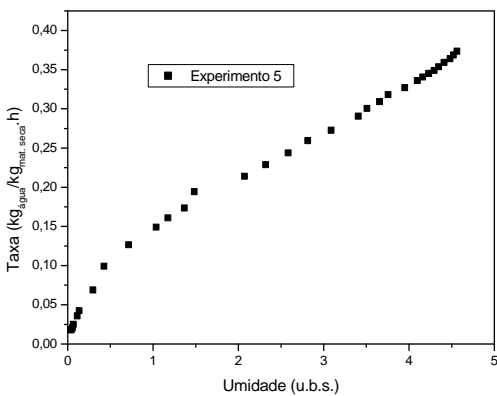


Figura 5.24: Taxa de secagem do experimento 5.

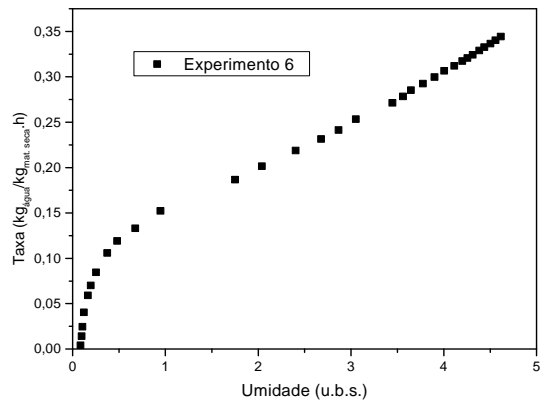


Figura 5.25: Taxa de secagem do experimento 6.

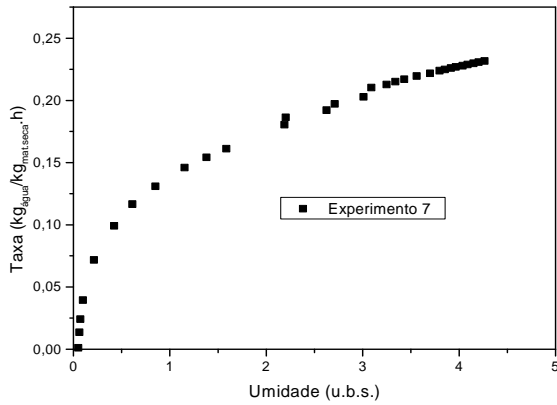


Figura 5.26: Taxa de secagem do experimento 7.

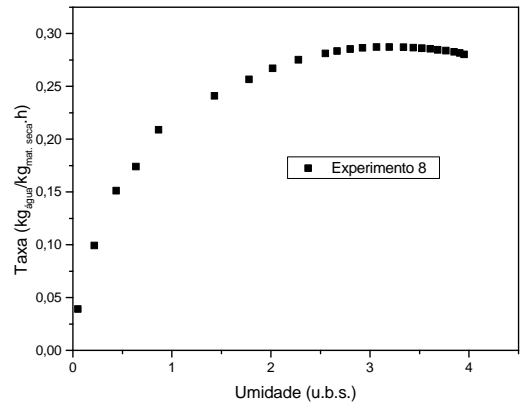


Figura 5.27: Taxa de secagem do experimento 8.

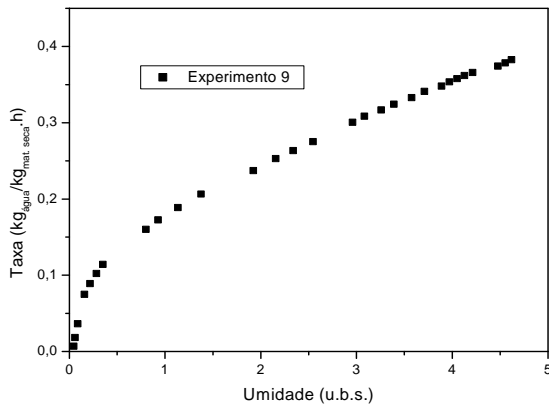


Figura 5.28: Taxa de secagem do experimento 9.

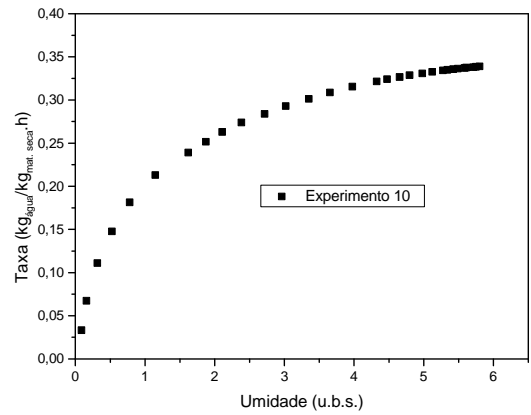


Figura 5.29: Taxa de secagem do experimento 10.

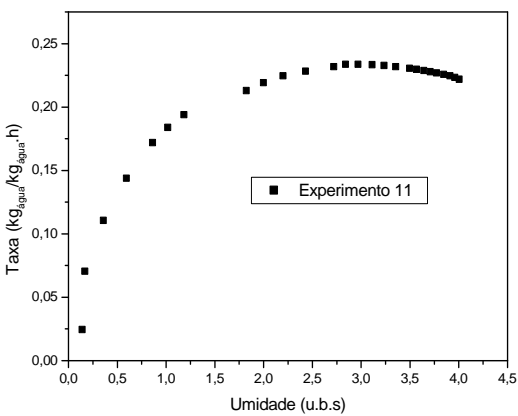


Figura 5.30: Taxa de secagem do experimento 11.

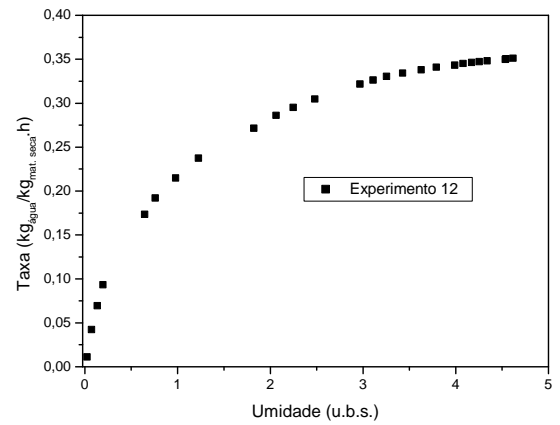


Figura 5.31: Taxa de secagem do experimento 12.

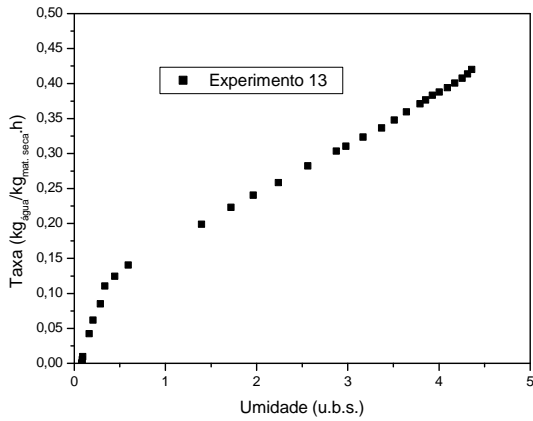


Figura 5.32: Taxa de secagem do experimento 12.

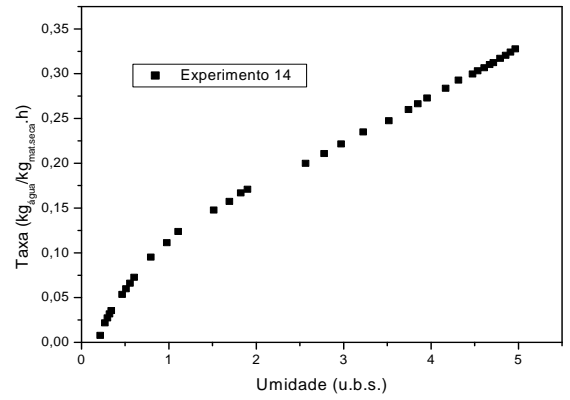


Figura 5.33: Taxa de secagem do experimento 14.

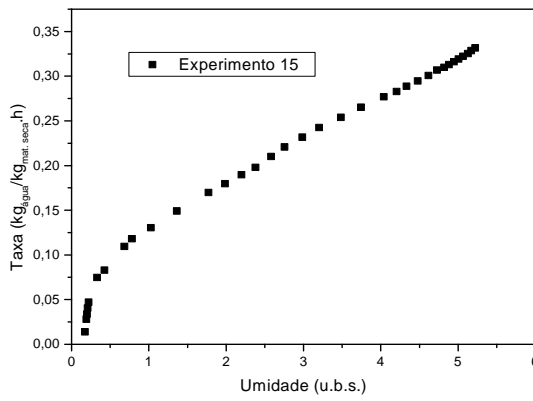


Figura 5.34: Taxa de secagem do experimento 15.

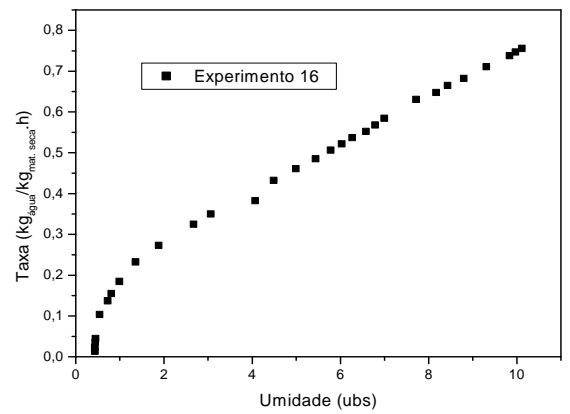


Figura 5.35: Taxa de secagem do experimento 16.

Fi

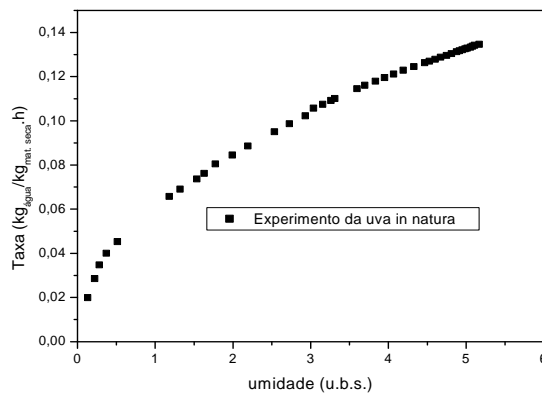


Figura 5.36: Taxa de secagem do experimento da uva sem pré-tratamento (*in natura*)17.

De acordo com Chirife (1983), o período de taxa decrescente se inicia quando a migração interna de umidade passa a controlar o processo. Porém, nos experimentos 1, 8, 10, 11 e 12, nota-se a existência de um expressivo período de taxa constante. Esses experimentos apresentaram bons resultados quanto à redução do tempo de secagem. Riva e Peri (1986) constataram, em seus experimentos, o período da taxa constante de secagem para as variedades de uva: Rubi, Thompson e Esmeralda em secador solar, a baixas vazões. De acordo com Gabas (1998), a ausência do período de taxa constante ocorre devido à presença de sólidos solúveis responsáveis pela redução da atividade de água em toda a faixa de umidade utilizada. Keey (1975) explica a ausência da taxa constante devido à natureza da umidade que, mesmo tendo umidade superficial livre, a água se encontra na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas), isto é, se encontra ligada a outras substâncias.

6 CONCLUSÕES

As análises dos resultados obtidos conduziram às seguintes conclusões:

- Quanto às isotermas:

1) Os dados experimentais das isotermas de sorção foram ajustados satisfatoriamente com todos os modelos testados (Modelo de GAB, BET, Halsey modificado e Lewicki).

2) A uma dada atividade de água, a medida que aumenta a temperatura, a umidade de equilíbrio diminui.

3) Os valores do calor isostérico de sorção é inversamente proporcional à umidade do alimento.

4) Os pré-tratamentos não influenciaram o comportamento das isotermas de sorção da uva Rubi.

- Quanto aos testes preliminares de secagem:

5) A emulsão composta de óleo de soja, óleo de oliva e carbonato de potássio, foi efetiva, pois aumentou a taxa de secagem da uva de variedade Rubi.

- Quanto a secagem:

6) As curvas de secagem foram ajustadas mais satisfatoriamente pelo modelo empírico de Page do que pelo modelo teórico de Fick.

7) A constante “K”, obtida pela equação de Page, apresentou uma relação proporcional com o pré-tratamento químico utilizado na secagem.

8) O tempo de imersão das uvas nos pré-tratamentos e sua interação com as concentrações dos componentes, não foram significativos no nível de 5%, portanto sugere-se mergulhar a uva na emulsão, por um menor tempo (3 minutos), a temperatura de 25°.

9) Quando os componentes da emulsão forem empregados na máxima concentração (4 % de óleo de soja, 4% de lecitina de soja e 3 % de carbonato de potássio), maior será a redução do tempo de secagem.

10) O aumento da taxa de secagem foi causado pela ação da lecitina e dos produtos resultantes de reações de saponificação dos ácidos graxos do óleo de soja em meio alcalino.

11) Algumas curvas da taxa de secagem apresentaram um período de taxa constante.

12) A emulsão estudada reduziu o tempo de secagem em mais de 50%, portanto foi muito eficaz.

13) As uvas pré-tratadas apresentaram uma coloração final mais clara quando compara com as uvas *in natura*.

7 SUGESTÕES

Sugestões para trabalhos futuros:

1) Realizar análises de microscopia eletrônica da casca da uva Rubi pré-tratada para visualizar, melhor, o efeito dos tratamentos sobre a cera encontrada na superfície da casca.

2) Fazer um estudo da permeabilidade da casca da uva Rubi utilizando a teoria de Riva e Masi (1986) e Gabas (1998).

3) Estudar novas emulsões a fim de aumentar as taxas de secagem e otimizar o custo da produção de uva passas no Brasil.

4) Realizar um estudo de análise sensorial das passas obtidas com a secagem da uva Rubi pré-tratada com a emulsão estudada.

5) Estudar a cinética de secagem da uva pré-tratada com lecitina de soja, óleo de soja e carbonato de potássio, secador solar com objetivo de aproveitar o potencial solar do país. Além disso, a maior parte de produção mundial de passas é feita por este método.

6) Estudar o encolhimento e determinar a difusividade em função do conteúdo de umidade da uva Rubi.

8 REFERÊNCIAS

AYRANCI, E.; AYRANCI, G.; E DOGANTAN, Z. Moisture sorption isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20°C e 36°C. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 6, p. 1591-1593, 1625.

BARNETT, D. Dried grapes: the involvement of lipids in their production. **Csiro Food Research Quarterly**, v. 40, n. 1, p. 16-22, 1980.

BARROS M. H.; BOTEON M. A. **Avaliação do desempenho regional dos principais pólos produtores de uva no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, Centro de Estudos de Economia Aplicada, 2002.

BELITZ, H. D.; GROSH, W. **Química de los alimentos**. Acribia, 1985. 644 p.

BOLIN, H. R.; JACKSON, R. Factor affecting sulfur dioxide binding in dried apples and apricots. **Journal Food Processing Preservation**, v. 9, p. 25-34, 1985.

BOLIN, H. R.; STAFOORD, A. E. Fatty acid ester and carbonates in grape drying. **Journal of Food Science**, v. 45, n. 3, p. 754-755, 1980.

BRUNAUER, S. et al. On a theory of the Van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, v. 62, p. 1723-1732, 1940.

CARRIZO, J. M. **Influência de pré-tratamentos osmóticos na cinética de secagem de pimentão utilizando um coletor solar**. 2002. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2002.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**, 2nd ed., Oxford: Clarendon Press, 1975, 414 p.

DI MATTEO, M.; CINQUANTA, L.; GALIERO, G.; CRESCITELLI, S. Effect of a novel physical pretreatments process on the drying kinetics of seedless grapes. **Journal of Food Engineering**, v. 46, n. 2, p. 83-89, 2000.

DOYMAZ, I. Effects of dipping treatment on air drying of plums. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 4, p. 465-470, 2004.

DOYMAZ, I.; PALA, M. The effects of dipping pretreatments on air-drying rates of the seedless grapes. **Journal of Food Engineering**, New York, v. 52, n. 4, p. 413-417, May, 2002.

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / CNPUV**. <<http://www.cnpuv.embrapa.br>>. Acesso em: 05 de nov. 2003.

FEMENIA A.; SÁNCHEZ, E. S.; SIMAL, S.; ROSSELÓ, C. Effects of drying pretreatments on the cell composition of grape tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 271-276, 1998.

FOHR, J. P.; ARNAUD, G. Grape drying: from sample behaviour to the drier project, **Drying Technology**, New York, v. 10, n. 2, p. 445-465, March, 1992.

GABAS, A.L. **Secagem de uva Itália em leito fixo**. 1998, 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. Thermodynamic models for water sorption by grape kin and pulp. **Drying Technology**, New York, v. 17, n. 4/5, p. 961-974, 1999.

GRNCAREVIC, M. Effect of various dipping treatments on the drying rate of grapes for raisins. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 14, n. 4, p. 230-234, 1963.

HARTMAN, L. **Tecnologia industrial: tecnologia de óleo e gordura vegetal**, 1985, 169 p.

HELDMAN, D. R.; LUND, B. L. Handbook of Food Engineering, New York: Marcel Dekker, 1992, 756 p.

JOWITT, R.; ESCHER, F.; HALLSTOM, B.; MEFFERT, H. F. T.; SPIESS, W. E. L.; VOS, G. **Physical Properties of Food**. Applied Science publishers, London and New York, 1983.

KAYMAK-ERTEKIN, F.; GEDIK, A. Sorption isotherms and isosteric heat of sorption for grapes, apricots, apples and potatoes. **Lebensmittel-Wissenschaft. Und. Technologie**, v. 37, p. 429-438, 2004.

KEEY, R. B. **Drying: principles and practice**, Pergamon Press, 1975

KOSTAROPOULOS, A. E.; SARAVACOS, G. D. Microwave pretreatment for sun-dried raisins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 2, p. 344 - 347, March, 1999.

LISSANT, K. J. **Emulsions and emulsion technology**, New York: Marcel Dekker, 1974. v.1, pt. 1.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture isotherm equations. Part I: Fruit, vegetable and meat products, 1985. **Lebensmittel-Wissenschaft. Und. Technologie**, v. 18, p. 111-117, 1985.

LOURENÇON, V. A. **Efeitos de pré-tratamentos químicos na cinética de secagem da uva rubi**. 2004. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2004.

LOZANO, J. E.; ROTSTEIN, E.; URBICAIN, M. J. Shrinkage, porosity and bulk density foodstuffs at changing moisture contents. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1497 – 1502, 1983.

MC CORMICK, P. Y. Solids during fundamentals. In: PERRY. R. H.; CHILTON, C. H. Chemical Engineer's Handbook. 5nd, Mc Graw-Hill, 1983.

MELO, L. M. R. **Produção e comercialização de uvas e vinhos: panorama 2003.** Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/ArtTec_produção.html>. Acesso em: 15 de abr. 2004.

MELO, L. M. R.; Camargo, U.A.; PROTAS, J. F. S. **A viticultura brasileira: realidade e perspectivas.** Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/vitivini.html>>. Acesso em: 3 fev. 2004.

MISRA, M. K.; BROOKER, D. B. Thin layer drying and rewetting equations for shelled yellow corn. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 5, p. 1254-1260, 1980.

NICOLETI, J. F. **Cinética de secagem e encolhimento de fatias de abacaxi** 2001. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2001.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**, New York: Technomic , 1998, 667 p.

OKOS, M. R.; NARSIMHAN, G.; SINGH, R. K.; WEITNAUER, A. C. **Handbook of food engineering**, New York: Marcel Dekker, 1992. 756 p.

PAHLAVANZADEH, H.; BARISI, A.; ZARRABI, M. Determination of parameters and pretreatment solution for grape drying. **Drying Technology**, v. 19, n. 1, p. 217-226, 2001.

PANGAVHANE, D. R.; SAWNEY, R. L.; SARSAVADIA, P. N. Effect of various dipping pretreatment on drying kinetics of Thompson seedless grapes. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 2, p. 211-216, February, 1999.

PARRY, J. L. Mathematical modeling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: a review. **JOURNAL OF Agricultural Engineering Researches**, v. 32, p. 1-29, 1985.

PATHAK, P. K.; AGRAWAL, Y.; SINGH, B. P. Thin-layer drying model for rapeseed. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 6, p. 2505-2508, 1991.

POINTING, J. D.; MCBEAN, D. M. Temperature and dipping treatment effects on drying rates and drying times of grape, prunes and other waxy fruits. **Food Technology**, v. 24, p. 1403 – 1406, 1970.

RANGANA, S. **Central Foods Technological Research Institute Mysore**. McGraw Hill Publishing Company Limited – New Delhi, p. 2-3, 1977.

RADLER, F. The prevention of browning during drying by the cold dipping treatment of Sultana grapes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 15, n. 12, p. 864 – 869, 1964.

RAHMAN, S. **Food properties Handbook**. London: CRC Press, 1995, 432 p.

RIVA, M.; MASI, P. The influence of drying conditions and pretreatments on permeability to water of grape skin: drying 86. In: International SYMPOSIUM ON DRYING, 5, 1986.

RIVA, M.; PERI, S. Kinetics of sun and air drying of different varieties of seedless grapes. **Journal of Food Technology**, v. 21, p. 199-208, 1986.

RIZVI, S. S. H. **Engineering Properties of Foods**. Thermodynamic properties of foods in dehydration. New York: Academic Press, p. 155-165, 1986.

RIZVI, S.S.H. Thermodynamic properties of foods in dehydration, In: M.A. Rao and S.S.H. Rizvi (Ed.). **Engineering properties of foods**, New York: Academic Press, 1995.

RUSSEL, J. B., **Química geral**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1994, v. 2.

SÁ, M. M.; SERENO, A. M. Effect of temperature on sorption isotherms and heats of sorption of quince jam. **International Journal of Food_Science and Technology**, v. 28, p. 241-248, 1993.

SALENGKE, S.; SATRY, S.K. Effect of ohmic pretreatment on the drying rate of grapes and adsorption isotherm of raisins. **Drying Technology**, v. 213, n. 3, p. 551-564, 2005.

SARAVACOS, G. D., TSIOURVAS, D. A., e TSAMI, E. Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins. **Journal of Food Science**, v. 5, n.2, p. 381-383, 1986.

SARAVACOS, G. D.; MAROUSIS, S. N. Effect of ethyl oleate on the rate of air-drying of foods. **Journal of Food Engineering**, v. 7, p. 263-270, 1988.

SILVA, S. A. **Tópicos da engenharia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000, 227p.

TSAMI, E.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D.; SARAVACOS, G. D. Heat of sorption of water in dried fruits. **International Journal of Food_Science and Technology**, v. 25, p. 350-359, 1990.

USDA – United State Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.faz.usda.gov>> Acesso em: 4 abr. 2004.

VAGENAS, G. K.; MARINOS-KOURIS, D. Use of the Wilson equation for the prediction of the sorptional equilibrium of sugar based foodstuffs. **Fluid Phase Equilibria**, v.78, p. 191-207, 1992.

VASQUEZ, G.; CHENLO, F.; MOREIRA, R.; CARBALLO, L. Desorption isotherms of muscatel and aledo grapes, and the influence of pretreatments on muscatel isotherms. **Journal of food Engineering**, v. 39, n. 4, p. 409-414, 1999.

VOGEL, A. **Textbook of Pratical Organic Chemistry**. 4nd, New York: Longman Publishing Company. 1978.

VULLIOD M.; MÁRQUEZ C. A.; MICHELIS D. Desorption isotherms for Sweet and sour cherry. **Journal of food Engineering**, v. 63, p. 15-19, 2004.

WEITZ, D. A.; LARA, M.A.; PIACENTINI, R.D. Dipping treatment effects on simulated prune solar drying. **Canadian Insitute Food Scence Technology**, v. 22, n.2, p.133-136, 1989.

WELTICHANES, j.; VERGARA, B. F. Actividad de agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad. In: PROGRAMA Iberoamericano de ciencia Y tecnología para el desarrollo, **Temas en tecnología de alimentos**. México: Aguilera, 1997. p. 11 - 43.

APÊNDICE

APÊNDICE A – ISOTERMAS DE SORÇÃO

Tabela A1: Dados referentes à uva Rubi sem pré-tratamento químico.

T = 33 °C		T = 40 °C		T = 49 °C		T = 55 °C		T = 61,0 °C		T = 68 °C	
a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}
0,069	0,012	0,066	0,009	0,059	0,007	0,045	0,005	0,045	0,005	0,02	0,002
0,112	0,02	0,111	0,016	0,11	0,013	0,11	0,012	0,11	0,012	0,11	0,011
0,223	0,043	0,206	0,036	0,189	0,031	0,175	0,023	0,175	0,023	0,162	0,018
0,324	0,065	0,319	0,056	0,314	0,052	0,307	0,044	0,307	0,043	0,294	0,037
0,439	0,102	0,432	0,089	0,432	0,085	0,432	0,084	0,432	0,075	0,432	0,074
0,526	0,139	0,506	0,113	0,489	0,098	0,473	0,093	0,473	0,085	0,458	0,08
0,635	0,205	0,615	0,206	0,599	0,174	0,59	0,161	0,59	0,149	0,587	0,145
0,756	0,374	0,753	0,338	0,746	0,319	0,74	0,311	0,74	0,296	0,739	0,295
0,835	0,612	0,82	0,491	0,809	0,43	0,8	0,426	0,8	0,416	0,795	0,402
0,9	0,981	0,893	0,876	0,884	0,821	0,876	0,726	0,876	0,744	0,87	0,691
0,97	3,247	0,961	2,509	0,949	2,015	0,936	1,676	0,936	1,587	0,925	1,416

Tabela A2: Dados referentes à uva Rubi pré-tratada com 2,5% de óleo de oliva e 6% de K_2CO_3 .

T = 33 °C		T = 40 °C		T = 49 °C		T = 55 °C		T = 61,0 °C		T = 68 °C	
a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}
0,069	0,012	0,066	0,009	0,059	0,007	0,045	0,006	0,045	0,005	0,02	0,002
0,112	0,019	0,111	0,015	0,11	0,013	0,11	0,013	0,11	0,011	0,11	0,01
0,223	0,046	0,206	0,04	0,189	0,032	0,175	0,023	0,175	0,023	0,162	0,019
0,324	0,064	0,319	0,055	0,314	0,053	0,307	0,045	0,307	0,041	0,294	0,036
0,439	0,1	0,432	0,087	0,432	0,087	0,432	0,085	0,432	0,078	0,432	0,073
0,526	0,131	0,506	0,106	0,489	0,097	0,473	0,094	0,473	0,084	0,458	0,074
0,635	0,212	0,615	0,212	0,599	0,182	0,59	0,161	0,59	0,16	0,587	0,151
0,756	0,367	0,753	0,331	0,746	0,329	0,74	0,32	0,74	0,3	0,739	0,289
0,835	0,581	0,82	0,466	0,809	0,43	0,8	0,447	0,8	0,401	0,795	0,379
0,9	0,961	0,893	0,858	0,884	0,846	0,876	0,733	0,876	0,711	0,87	0,679
0,97	3,18	0,961	2,457	0,949	2,076	0,936	1,693	0,936	1,667	0,925	1,391

Tabela A3: Dados referentes à uva Rubi pré-tratada com 5% de lecitina de soja.

T = 33 °C		T = 40 °C		T = 49 °C		T = 55 °C		T = 61,0 °C		T = 68 °C	
a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}
0,069	0,012	0,066	0,009	0,059	0,008	0,045	0,006	0,045	0,005	0,02	0,002
0,112	0,019	0,111	0,016	0,11	0,013	0,11	0,012	0,11	0,011	0,11	0,011
0,223	0,049	0,206	0,041	0,189	0,031	0,175	0,025	0,175	0,026	0,162	0,019
0,324	0,065	0,319	0,055	0,314	0,049	0,307	0,043	0,307	0,043	0,294	0,038
0,439	0,102	0,432	0,087	0,432	0,089	0,432	0,082	0,432	0,074	0,432	0,077
0,526	0,128	0,506	0,106	0,489	0,097	0,473	0,088	0,473	0,078	0,458	0,078
0,635	0,218	0,615	0,21	0,599	0,185	0,59	0,164	0,59	0,158	0,587	0,15
0,756	0,374	0,753	0,338	0,746	0,329	0,74	0,311	0,74	0,296	0,739	0,311
0,835	0,575	0,82	0,485	0,809	0,43	0,8	0,42	0,8	0,392	0,795	0,416
0,9	0,98	0,893	0,858	0,884	0,786	0,876	0,71	0,876	0,742	0,87	0,714
0,97	3,244	0,961	2,457	0,949	2,118	0,936	1,642	0,936	1,584	0,925	1,463

APÊNDICE B – TESTES PRELIMINARES

Tabela B1: Dados experimentais referentes ao teste 1.

Tempo (h)	v ar (m/s)	Tar (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	Xeq (b.s.)	M1*	M2*	M3*
0	1,17	54,40	486,45	329,00	341,25	0,008	1,0000	1,0000	1,0000
0,25	1,15	59,15	476,42	323,13	336,41	0,008	0,9754	0,9787	0,9831
0,5	1,12	59,05	468,4	318,55	326,08	0,008	0,9558	0,9621	0,9470
0,75	1,02	58,70	460,14	313,06	325,59	0,008	0,9355	0,9422	0,9453
1	1,10	58,75	451,82	307,78	322,59	0,008	0,9151	0,9231	0,9348
1,5	1,07	55,90	436,65	296,59	313,23	0,008	0,8779	0,8825	0,9021
2	1,01	55,70	422,62	286,16	304,67	0,008	0,8436	0,8447	0,8722
2,5	0,89	56,35	409,76	276,72	296,73	0,008	0,8120	0,8105	0,8445
3	0,84	56,15	398,94	268,72	289,81	0,008	0,7855	0,7815	0,8203
3,5	0,71	55,70	387,09	260,00	282,24	0,008	0,7565	0,7499	0,7938
4	0,93	55,70	375,04	251,22	274,48	0,008	0,7269	0,7181	0,7667
5	0,92	53,75	360,09	241,52	264,53	0,008	0,6903	0,6830	0,7319
6	1,02	53,75	347,95	233,31	256,81	0,008	0,6605	0,6532	0,7050
7	1,01	53,35	334,19	223,36	248,07	0,008	0,6268	0,6172	0,6744
8	1,03	54,00	320,59	213,71	239,52	0,008	0,5935	0,5822	0,6446
9	1,07	53,30	308,39	204,68	231,75	0,008	0,5636	0,5495	0,6174
10	1,10	51,65	296,96	195,95	224,26	0,008	0,5356	0,5178	0,5912
11	0,94	50,00	286,32	187,83	217,25	0,008	0,5095	0,4884	0,5668
12	0,92	50,10	276,12	180,01	210,33	0,008	0,4845	0,4601	0,5426
14	1,08	50,65	267,53	172,99	204,51	0,008	0,4634	0,4346	0,5222
16	0,91	50,45	256,63	164,74	196,68	0,008	0,4367	0,4047	0,4949
18	0,92	51,75	237,2	148,88	182,94	0,008	0,3891	0,3472	0,4469
20	0,95	54,45	215,23	131,12	167,08	0,008	0,3352	0,2829	0,3915
22	0,95	55,00	190,63	113,08	149,62	0,008	0,2749	0,2175	0,3305
24	0,92	55,25	167,3	96,52	132,76	0,008	0,2178	0,1575	0,2716
26	0,89	54,60	146,03	82,82	116,89	0,008	0,1656	0,1078	0,2161
28,08	0,97	53,65	125,88	72,15	102,74	0,008	0,1162	0,0692	0,1667
30	0,99	53,50	111,03	65,01	91,52	0,008	0,0798	0,0433	0,1275
32	0,89	52,95	98,86	60,00	81,79	0,008	0,0500	0,0251	0,0935
34	0,98	52,30	89,56	56,50	73,57	0,008	0,0272	0,0125	0,0648
36	0,97	52,30	82,82	54,13	67,12	0,008	0,0107	0,0039	0,0422
38,17	0,95	51,25	78,15	52,52	61,86	0,008	0,0000	0,0000	0,0238
40	0,90	52,05	75,67	51,69	58,89	0,008	0,0000	0,0000	0,0135
42	1,00	53,35	73,48	50,84	55,93	0,008	0,0000	0,0000	0,0031
45,92	0,90	54,70	70,12	49,85	52,61	0,008	0,0000	0,0000	0,0000
50	0,97	54,30	69,86	49,23	51,08	0,008	0,0000	0,0000	0,0000
52	0,96	53,50	69,27	48,86	50,4	0,008	0,0000	0,0000	0,0000
62	0,96	55,20	68,33	48,30	49,56	0,008	0,0000	0,0000	0,0000
74	0,93	54,90	67,59	81,83	48,93	0,008	0,0000	0,0000	0,0000
86,0	0,92	52,60	67,23	47,55	48,57	0,008	0,0000	0,0000	0,0000
97,3	0,84	54,30	66,73	47,26	48,24	0,008	0,0000	0,0000	0,0000
110	0,903	52,5	66,71	47,09	48,07	0,008	0,0000	0,0000	0,0000

$$* M_i = (X - X_{eq}) / (X_0 - X_{eq})$$

Tabela B2: Dados experimentais referentes ao teste 2.

Tempo (h)	v ar (m/s)	Tar (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	Amostra4 (g)	M1*	M2*	M3*	M4*
0	0,96	56,5	235,70	228,15	217,74	253,38	1,0000	0,9964	1,0000	1,0000
0,25	1,10	56,0	233,39	225,99	215,08	250,51	0,9889	0,9854	0,9857	0,9867
0,5	0,90	56,0	231,28	223,94	212,84	248,04	0,9784	0,9749	0,9736	0,9753
0,75	0,83	56,0	228,72	221,69	210,13	244,34	0,9656	0,9633	0,9590	0,9581
1	1,13	60,0	226,37	219,35	207,56	242,58	0,9539	0,9513	0,9451	0,9500
1,5	1,17	60,5	220,61	213,74	201,29	236,46	0,9252	0,9225	0,9113	0,9216
2	1,13	60,0	215,53	208,52	195,09	231,61	0,8999	0,8958	0,8779	0,8991
2,5	1,07	61,0	210,29	202,56	189,49	225,32	0,8738	0,8652	0,8477	0,8700
3	1,06	60,5	205,38	197,15	184,51	219,35	0,8493	0,8375	0,8208	0,8423
3,5	0,96	60,5	200,82	192,21	179,09	214,51	0,8266	0,8121	0,7916	0,8199
4	0,85	60,5	196,41	187,63	173,96	208,96	0,8046	0,7887	0,7639	0,7942
4,5	0,95	60,5	192,10	183,28	169,05	205,56	0,7831	0,7663	0,7374	0,7784
5	0,97	60,5	187,72	179,04	163,94	201,07	0,7613	0,7446	0,7099	0,7576
6	0,82	60,5	180,53	171,60	156,82	191,92	0,7255	0,7064	0,6715	0,7152
7	0,83	59,5	174,13	165,29	149,47	184,84	0,6936	0,6741	0,6319	0,6824
8	0,96	59,0	162,32	159,13	143,44	177,25	0,6347	0,6425	0,5993	0,6472
10	0,94	58,0	156,81	147,00	131,54	161,95	0,6072	0,5803	0,5352	0,5763
11	0,98	58,0	151,77	141,57	126,37	155,47	0,5821	0,5524	0,5073	0,5463
12	0,94	58,0	146,72	136,59	120,40	149,93	0,5570	0,5269	0,4751	0,5206
14	0,97	57,5	136,69	126,29	108,17	139,73	0,5070	0,4741	0,4091	0,4733
16	0,85	57,0	127,01	116,08	97,69	132,26	0,4587	0,4217	0,3526	0,4387
18	0,82	57,0	119,18	107,91	87,97	120,20	0,4197	0,3798	0,3002	0,3828
19,83	0,89	58,0	111,31	100,24	78,94	112,57	0,3805	0,3405	0,2515	0,3475
22,25	1,11	61,0	99,78	88,95	67,03	97,88	0,3230	0,2826	0,1873	0,2794
25,66	1,11	62,0	83,13	72,85	51,86	78,33	0,2401	0,2000	0,1055	0,1888
28,66	1,11	62,0	69,91	60,64	42,30	63,25	0,1742	0,1374	0,0539	0,1189
32,86	1,01	59,0	59,10	51,39	36,76	51,93	0,1203	0,0900	0,0241	0,0665
45,86	0,98	60,0	38,44	37,75	32,14	38,61	0,0173	0,0200	0,0000	0,0047
49,58	0,98	60,0	36,78	36,92	31,99	37,95	0,0091	0,0158	0,0000	0,0017

$$M^* = (X - X_{eq}) / (X_0 - X_{eq})$$

Tabela B3: Dados experimentais referentes ao teste 3.

Tempo (h)	v ar (m/s)	Tar (°C)	Amostra				M1*	M2*	M3*	M4*
			1 (g)	2 (g)	3 (g)	Amostra4 (g)				
0	0,88	53,50	375,42	351,22	345,48	306,6	1,0007	1,0006	1,0006	1,0006
0,25	0,88	59,20	370,47	346,12	337,00	302,4	0,9852	0,9836	0,9718	0,9843
0,5	0,83	57,73	364,95	340,66	329,05	297,24	0,9680	0,9654	0,9449	0,9642
0,75	0,54	59,73	356,95	333,04	319,97	289,49	0,9431	0,9399	0,9141	0,9341
1,08	0,60	59,83	347,4	324,90	311,29	281,33	0,9133	0,9128	0,8847	0,9023
1,58	0,69	59,97	331,84	312,02	297,9	269,61	0,8647	0,8698	0,8393	0,8568
2,08	0,43	60,10	319,58	300,40	285,03	259,93	0,8265	0,8310	0,7957	0,8191
2,58	0,72	60,10	307,1	288,56	271,63	251,56	0,7875	0,7915	0,7503	0,7866
3,08	0,76	59,70	297,41	277,94	262,39	245,54	0,7573	0,7560	0,7190	0,7631
3,58	0,76	59,83	288,15	270,15	253,64	239,93	0,7284	0,7300	0,6893	0,7413
4,00	0,52	60,03	278,67	261,66	245,20	233,53	0,6989	0,7017	0,6607	0,7164
4,58	0,55	59,77	270,87	254,52	237,41	228,97	0,6745	0,6779	0,6343	0,6987
5,08	0,63	59,63	259,11	243,31	226,99	222,48	0,6378	0,6404	0,5990	0,6735
6,08	0,63	59,70	240,89	228,63	212,23	213,89	0,5810	0,5914	0,5490	0,6400
7,08	0,63	59,70	224,4	212,80	197,24	204,29	0,5296	0,5386	0,4982	0,6027
8,08	0,63	60,13	208,41	197,32	182,54	195,38	0,4797	0,4869	0,4484	0,5681
9,08	0,63	60,17	192,65	181,14	168,92	187,65	0,4305	0,4329	0,4022	0,5380
10,08	0,65	59,50	177,13	167,28	155,79	180,52	0,3821	0,3867	0,3577	0,5103
11,08	0,66	59,67	164,16	153,43	143,22	173,59	0,3416	0,3405	0,3151	0,4833
13,08	0,77	58,73	136,77	127,66	109,18	161,32	0,2562	0,2544	0,1997	0,4356
15,08	0,57	58,33	113,27	98,98	92,88	150,01	0,1829	0,1587	0,1445	0,3916
17,16	0,72	57,83	92,45	81,45	76,39	139,17	0,1179	0,1002	0,0886	0,3494
18,83	0,78	59,87	80,73	70,52	66,59	129,14	0,0814	0,0637	0,0554	0,3104
21,5	0,75	58,97	68,09	59,19	56,34	114,92	0,0419	0,0259	0,0207	0,2551
23,58	0,73	63,03	60,4	53,87	50,78	102,38	0,0179	0,0082	0,0018	0,2064
24,58	0,62	62,67	58,54	52,82	49,55	95,88	0,0121	0,0047	0,0000	0,1811
25,58	0,68	62,27	57,34	52,19	48,88	91,81	0,0084	0,0026	0,0000	0,1653
26,16	0,82	61,20	56,64	51,87	48,55	89,28	0,0062	0,0015	0,0000	0,1554
32,41	0,74	60,10	53,92	50,47	47,1	62,7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0520
41,33	1,74	61,10	52,39	49,56	46,27	45,28	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

$$M_i^* = (X - X_{eq}) / (X_0 - X_{eq})$$

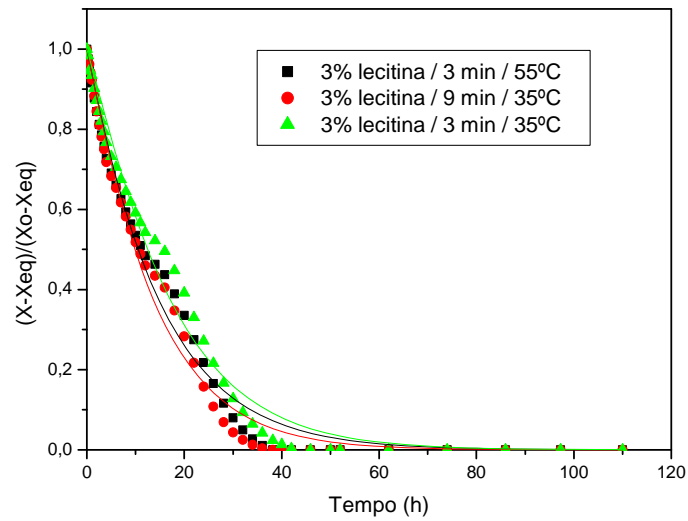


Figura B1: Curvas de secagem (Teste 1) comparativa entre pré-tratamentos com tempos e temperaturas de imersão diferente.

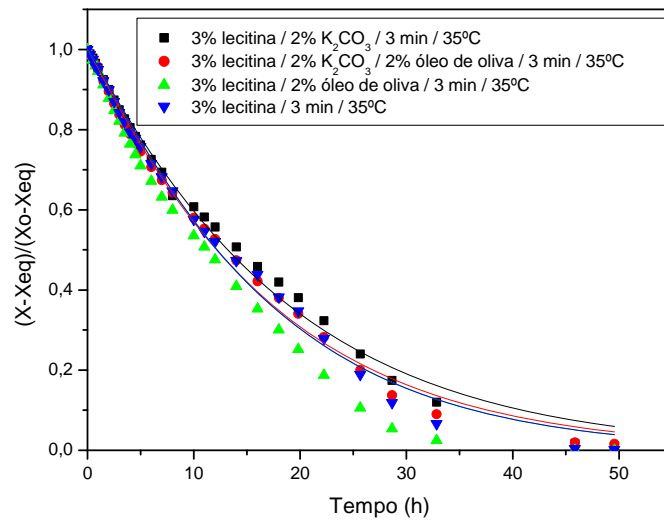


Figura B2: Curvas de secagem (teste 2) comparativa entre pré-tratamentos com o mesmo tempo e temperatura de imersão.

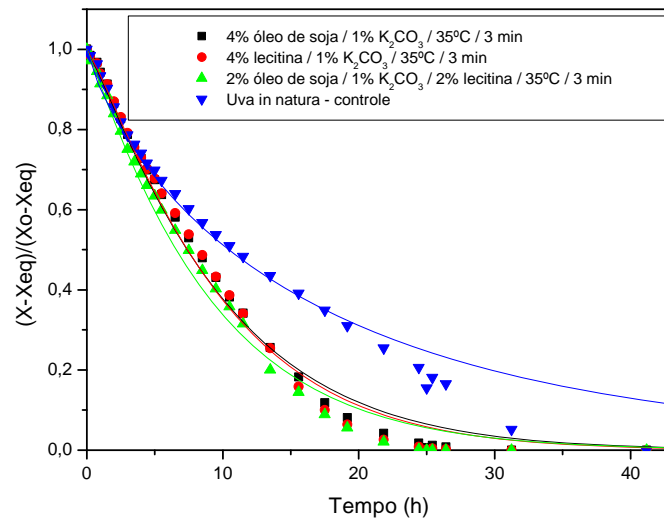


Figura B3: Curvas de secagem (teste 3) comparativa entre pré-tratamentos com o mesmo tempo e temperatura de imersão.

APÊNDICE C – CINÉTICA DE SECAGEM

Tabela C1: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,32$ cm e 11° brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 1).

Tempo (h)	UR (%)	$V_{\text{ar acima}}$ (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	Xeq (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M1
0	18,1	0,76	57,80	351,63	352,7	349,98	4,2631	0,02	1,0000
0,25	18	0,81	59,03	345,81	348,59	345,68	4,1921	0,02	0,9833
0,5	18,1	0,58	58,67	339,37	341,75	339,72	4,0961	0,02	0,9606
1	18,4	0,57	59,70	328,13	329,98	327,28	3,9191	0,02	0,9189
1,5	18,4	0,42	60,77	316,47	318,46	316,03	3,7472	0,02	0,8784
2	18,6	0,52	61,00	304,78	307,46	304,61	3,5769	0,02	0,8382
2,5	18,7	0,45	61,93	291,58	295,28	291,69	3,3857	0,02	0,7931
3	18,6	0,45	62,33	280,71	283,18	279,99	3,2126	0,02	0,7523
4	18,3	0,40	63,40	257,28	255,28	254,74	2,8304	0,02	0,6622
4,5	18,3	0,42	63,33	248,22	244,33	245,42	2,6840	0,02	0,6277
5	18,2	0,42	63,80	233,95	229,56	231,2	2,4681	0,02	0,5768
5,5	18,1	0,45	63,00	226,65	221,16	223,79	2,3527	0,02	0,5496
6	17,8	0,57	61,83	215,41	208,68	212,36	2,1773	0,02	0,5082
6,58	17,9	0,58	61,77	202,47	195,58	200,81	1,9896	0,02	0,4640
7	17,9	0,51	62,20	192,94	185,96	192,02	1,8502	0,02	0,4311
8,08	18	0,42	62,47	170,95	160,89	171,42	1,5125	0,02	0,3515
9	17,9	0,56	62,33	154,15	144,75	156,55	1,2739	0,02	0,2952
10	18,1	0,63	61,53	134,90	125,29	139,74	0,9967	0,02	0,2299
12	17,7	0,50	61,13	103,31	95,19	112,22	0,5515	0,02	0,1249
13	17,8	0,52	60,90	92,83	86,45	101,69	0,4029	0,02	0,0899
15	18	0,62	60,50	76,93	71,92	83,26	0,1589	0,02	0,0323
17*	18,1	0,62	59,93	66,75	64,21	72,00	0,0827	0,02	0,0144

* O tempo total de secagem foi de 44 horas, porém para tempos maiores que 17 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C2: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,24$ cm e 12° brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 2 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 7 min, 25°C (Experimento 2).

Tempo (h)	UR (%)	v ar (m/s)	Tar (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	Xmédio (b.s.)	Xeq (b.s.)	(X-Xeq)/(Xo-Xeq) M2
0	23	1,40	55,00	397,15	387,86	385,72	4,0001	0,02	1,0000
0,25	22,1	0,91	57,57	393,98	385,35	383,59	3,9668	0,02	0,9916
0,5	21,5	1,05	58,07	390,83	382,82	381,12	3,9321	0,02	0,9829
0,67	20,2	0,98	65,33	386,27	378,17	376,58	3,8733	0,02	0,9681
1	22,6	0,98	54,37	381,91	373,68	372,62	3,8186	0,02	0,9544
1,25	21,4	0,94	58,00	367,95	367,9	371,99	3,7325	0,02	0,9327
1,5	20,1	1,25	62,67	362,88	453,96	367,61	3,6754	0,02	0,9183
1,75	19,9	0,88	65,77	359,32	360,96	363,67	3,6305	0,02	0,9071
2	20,1	0,90	59,97	353,32	355,44	359,03	3,5615	0,02	0,8897
2,5	19,5	0,92	60,03	345,6	349,08	352,88	3,4752	0,02	0,8680
3	19,4	0,92	60,33	337,4	341,11	344,88	3,3720	0,02	0,8421
3,5	18,9	1,04	59,57	329,66	333,35	337,15	3,2728	0,02	0,8171
4,3	18,9	0,98	59,77	315,1	320,16	324,91	3,1021	0,02	0,7742
4,8	17,2	0,89	59,40	306,86	312,17	315,05	2,9906	0,02	0,7461
5,13	17,2	0,98	60,60	286,05	286,72	292,54	2,6966	0,02	0,6722
7	17,4	0,94	59,33	271,07	274,32	279,76	2,5253	0,02	0,6291
8	17,3	0,91	59,27	256,86	257,35	265,69	2,3319	0,02	0,5805
9	19,8	0,89	58,57	239,65	239,92	245,53	2,0977	0,02	0,5216
10	18,5	0,89	56,83	198,5	190,37	204,96	1,5367	0,02	0,3805
13	17,1	0,99	56,40	186,23	176,49	193,64	1,3767	0,02	0,3403
14	18,5	0,92	61,33	171,38	157,54	176,94	1,1608	0,02	0,2860
16	18,4	0,84	56,23	149,29	137,65	147,92	0,8572	0,02	0,2096
18	17,9	0,87	55,17	132,45	122,41	125,28	0,6232	0,02	0,1508
20,08	19,8	0,94	60,97	109,62	105,98	107,87	0,3816	0,02	0,0900
22,91	19,2	0,99	58,43	93,09	93,58	94,93	0,2030	0,02	0,0451
24	18,9	0,85	61,00	89,03	89,63	90,11	0,1482	0,02	0,0313
25	18,4	0,85	60,73	86,61	87,05	86,86	0,1129	0,02	0,0225
26,5*	18,1	0,87	60,60	83,57	83,82	82,42	0,0670	0,02	0,0109

* O tempo total de secagem foi de 48 horas, porém para tempos maiores que 17 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C3: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,22$ cm e 14° brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 1 % de carbonato de potássio, 7 min, 25°C (Experimento 3).

Tempo (h)	UR (%)	v ar (m/s)	Tar (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	Xmédio (b.s.)	Xeq (b.s.)	(X-Xeq)/(Xo-Xeq) M3
0	19,6	0,90	61,40	383,71	381,8	385,54	4,5617	0,02	1,0000
0,25	20,7	0,96	56,57	381,49	379,05	382,83	4,5246	0,02	0,9918
0,5	19,3	0,96	63,03	379,36	376,31	379,79	4,4864	0,02	0,9834
0,75	20,2	0,91	58,17	375,18	371,87	373,7	4,4154	0,02	0,9678
1,2	20,3	0,96	58,37	368,47	363,4	365,89	4,3043	0,02	0,9433
1,72	20,5	0,92	58,70	362,39	354,97	359,33	4,2024	0,02	0,9208
2,22	20,4	0,92	59,20	355,92	347,23	350,03	4,0889	0,02	0,8958
2,64	20,3	0,95	59,47	347,88	339,70	342,8	3,9787	0,02	0,8715
3,05	20,2	0,82	60,07	334,94	329,75	330,52	3,8088	0,02	0,8341
3,64	20,3	0,82	59,37	326,21	318,64	324,92	3,6857	0,02	0,8069
4	20,4	0,94	58,93	320,89	312,48	319,49	3,6040	0,02	0,7889
4,47	20,1	0,89	59,63	309,52	305,95	303,28	3,4394	0,02	0,7527
5	19,8	0,92	60,47	304,15	297,56	302,69	3,3699	0,02	0,7373
6,08	19,9	0,96	59,77	283,31	281,96	287,23	3,1191	0,02	0,6821
6,17	19,7	0,82	60,60	262,83	266,73	272,1	2,8735	0,02	0,6279
7	19,5	0,83	61,50	250,5	254,29	256,78	2,6798	0,02	0,5852
8,42	19,7	0,83	60,07	232,39	235,38	230,88	2,3760	0,02	0,5183
9,17	19,9	0,95	59,80	223,32	225,85	218,29	2,2253	0,02	0,4851
10,03	20,1	0,81	59,70	211,00	215,44	207,62	2,0639	0,02	0,4495
12,42	19,8	0,81	58,83	178,84	186,03	179,35	1,6298	0,02	0,3538
13	19,7	0,89	58,63	171,43	175,88	171,12	1,5051	0,02	0,3263
14	19,8	0,87	57,93	159,63	161,98	158,7	1,3209	0,02	0,2857
15,17	19,6	0,90	58,57	148,29	151,84	149,71	1,1737	0,02	0,2533
17	19,6	0,90	57,73	133,15	133,74	128,28	0,9096	0,02	0,1951
19	19,9	1,00	56,43	110,69	114,04	110,99	0,6223	0,02	0,1318
20	18,7	1,03	63,57	102,28	104,41	101,79	0,4906	0,02	0,1028
23,08	19,9	0,96	59,47	90,55	90,22	88,2	0,2997	0,02	0,0607
24,17	19,8	0,84	59,93	87,33	87,14	85,24	0,2550	0,02	0,0508
25,05	19,6	0,90	60,20	85,19	84,65	83,89	0,2260	0,02	0,0444
26,25	19	0,90	62,10	77,83	79,16	80,07	0,1454	0,02	0,0267
27,08	19	1,01	61,17	77,11	78,29	79,18	0,1335	0,02	0,0240
28	18,8	0,98	61,93	76,57	77,58	78,65	0,1249	0,02	0,0222
29	20,4	0,96	55,20	76,03	76,96	78,22	0,1172	0,02	0,0205
30,25	20,4	0,92	61,93	75,23	76,39	77,73	0,1082	0,02	0,0185
42,92	21,5	0,91	57,43	72,86	73,42	75,03	0,0693	0,02	0,0099
45,37	19,8	0,91	60,80	72,52	72,85	74,72	0,0634	0,02	0,0086

Tabela C4: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,14$ cm e 13° brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 2 % de óleo de soja e 1 % de carbonato de potássio, 7min, 25°C (Experimento 4).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} ($^{\circ}\text{C}$)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M 4
0	21,2	0,92	60,90	353,95	373,74	402,86	4,6625	0,02	1,0000
0,25	20,9	0,92	62,70	351,86	371,04	400,1	4,6291	0,02	0,9928
0,5	20,8	0,99	63,23	347,64	367,27	396,21	4,5616	0,02	0,9782
0,75	21,6	0,99	57,47	343,72	364,1	392,96	4,4989	0,02	0,9647
1	21,3	1,02	57,50	340,82	361,52	389,67	4,4525	0,02	0,9547
1,25	20,4	1,02	63,57	337,47	358,53	386,28	4,3989	0,02	0,9432
1,5	21	1,05	57,67	333,89	355,10	382,76	4,3416	0,02	0,9308
1,75	20,6	1,05	63,67	331,25	351,80	379,78	4,2994	0,02	0,9217
2	21,4	0,94	58,30	328,07	346,91	375,94	4,2485	0,02	0,9107
2,33	21,1	0,94	59,03	324,42	342,35	370,98	4,1901	0,02	0,8982
2,74	21,2	0,98	58,87	319,14	337,64	365,59	4,1056	0,02	0,8799
3,24	21,4	0,98	58,70	312,22	331,76	359,58	3,9949	0,02	0,8561
3,74	24,1	1,07	55,33	307,39	326,35	354,3	3,9177	0,02	0,8394
4,24	20,3	1,07	63,87	301,23	319,41	347,75	3,8191	0,02	0,8182
4,74	21,1	0,96	58,13	295,6	311,66	341,82	3,7290	0,02	0,7987
5,24	20,1	0,96	58,67	288,25	304,8	335,48	3,6115	0,02	0,7734
6,24	19,3	1,05	58,93	274,32	293,45	324,43	3,3886	0,02	0,7253
7,49	19,1	0,87	58,53	261,03	279,42	305,18	3,1760	0,02	0,6795
8,32	19,3	1,00	58,30	250,12	270,10	294,88	3,0014	0,02	0,6419
9,24	19,6	1,01	58,00	241,35	257,40	285,32	2,8611	0,02	0,6116
10,24	19,3	1,06	63,87	227,73	238,92	271,12	2,6432	0,02	0,5646
12,49	19,9	0,95	54,50	208,38	209,70	249,28	2,3337	0,02	0,4979
13,24	19,3	0,95	60,80	200,63	200,42	240,46	2,2097	0,02	0,4712
14,24	19,4	1,01	60,80	190,23	189,56	226,76	2,0433	0,02	0,4353
16,24	19,5	1,08	59,93	170,44	167,72	203,61	1,7267	0,02	0,3670
18,24	19,5	0,91	59,03	152,55	146,47	183,19	1,4405	0,02	0,3053
20,66	19,4	1,02	58,57	130,26	129,84	161,94	1,0839	0,02	0,2284
21,66	19	0,95	58,97	123,84	123,70	154,16	0,9812	0,02	0,2063
24,83	18,5	0,94	60,77	103,76	106,75	124,92	0,6600	0,02	0,1370
26,24	18,2	1,07	62,20	95,49	99,47	115,25	0,5277	0,02	0,1085
29,32	17,6	1,11	63,77	82,58	89,69	98,73	0,3211	0,02	0,0640
30,24	17,2	0,97	59,53	80,41	88,26	95,14	0,2864	0,02	0,0565
32,49	17,4	0,97	57,53	76,34	85,46	90,25	0,2213	0,02	0,0424
35,82	18,1	0,80	60,37	71,07	82,18	83,72	0,1370	0,02	0,0243
47,9	18,7	0,90	62,23	67,26	78,21	78,17	0,0760	0,02	0,0111

Tabela C5: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1, 24$ cm e 12°C brix) pré-tratada com 2 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 7 min, 25°C (Experimento 5).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} ($^{\circ}\text{C}$)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M 5
0	23,2	0,86	61,83	381,83	393,53	381,77	4,5618	0,03	1,0000
0,25	22,7	0,86	62,47	378,83	390,64	379,11	4,5207	0,03	0,9909
0,5	23,9	0,80	55,90	375,91	387,82	376,44	4,4803	0,03	0,9820
0,75	22,8	0,80	59,10	371,41	383,3	371,12	4,4113	0,03	0,9668
1,05	23,8	0,91	54,27	366,87	379,19	366,49	4,3474	0,03	0,9527
1,3	22,6	0,91	62,50	363,03	375,52	362,78	4,2934	0,03	0,9408
1,5	22,4	0,92	62,77	358,97	371,38	358,06	4,2313	0,03	0,9271
1,75	23,7	0,92	56,63	354,38	366,84	352,32	4,1598	0,03	0,9113
2	22,6	0,92	62,27	350,4	362,69	347,52	4,0976	0,03	0,8976
2,5	22,2	0,90	62,70	339,05	353,54	337,35	3,95	0,03	0,8651
3	21,7	0,82	62,67	326,17	339,14	324,09	3,7552	0,03	0,8221
3,5	22,9	0,87	56,30	318,2	332,53	317,72	3,6544	0,03	0,7999
4	21,8	0,89	62,80	306,55	323,33	308,15	3,5081	0,03	0,7676
4,58	22,3	0,78	57,10	295,83	313,66	300,00	3,4049	0,03	0,7448
5,67	23	0,87	58,17	277,82	296,36	276,20	3,0863	0,03	0,6746
6,5	21,3	0,90	62,07	256,78	279,33	257,60	2,8136	0,03	0,6144
7,5	21,7	0,90	61,43	238,56	265,26	242,18	2,584	0,03	0,5638
8,5	21,9	0,76	61,53	220,42	247,48	223,07	2,3194	0,03	0,5054
9,5	21,9	0,81	61,63	203,26	229,44	206,75	2,0718	0,03	0,4508
10,92	21,7	0,87	61,33	163,25	191,76	162,01	1,4828	0,03	0,3209
12,5	21,7	0,87	61,43	155,96	183,36	153,75	1,3677	0,03	0,2955
13,5	21,7	0,85	59,70	143,86	169,04	139,90	1,1742	0,03	0,2528
14,5	23,2	0,80	57,00	134,86	159,81	129,56	1,0368	0,03	0,2225
16,5	21,7	0,85	61,17	113,22	133,30	110,27	0,7132	0,03	0,1511
19,25	22	0,86	61,03	96,17	109,56	90,97	0,4248	0,03	0,0875
22,92	21,8	0,84	61,23	87,43	98,85	83,43	0,2953	0,03	0,0589
27,17	22,4	0,85	60,53	78,5	84,10	73,54	0,1345	0,03	0,0235
28,59	24	0,92	57,73	76,95	82,01	72,54	0,1122	0,03	0,0186
31,64	20,7	0,78	61,57	73,86	77,45	70,55	0,0661	0,03	0,0084
33,5	22,3	0,80	58,60	73,18	76,19	69,90	0,0537	0,03	0,0057
35,17	20,7	0,95	60,17	72,23	75,31	69,21	0,0416	0,03	0,0030
38,59*	22,6	0,93	57,07	71,76	74,59	68,74	0,0336	0,03	0,0012

* O tempo total de secagem foi de 51,59 horas, porém para tempos maiores que 38,59 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C6: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,24$ cm e 13° brix) pré-tratada com 2 % de lecitina, 2 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 7 min, 25°C (Experimento 6).

Tempo (h)	UR (%)	v ar (m/s)	Tar (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	Xmédio (b.s.)	Xeq (b.s.)	(X-Xeq)/(Xo-Xeq) M6
0	23	0,90	58,40	363,15	361,28	373,62	4,6140	0,03	1,0000
0,25	22,3	0,90	59,33	359,02	357,55	370,29	4,5566	0,03	0,9875
0,5	22,1	0,92	59,40	355,42	354,51	366,58	4,5037	0,03	0,9760
0,8	21,9	0,90	60,47	351,14	350,29	361,94	4,4366	0,03	0,9613
1,03	23,6	0,90	54,80	347,91	346,32	358,7	4,3832	0,03	0,9497
1,35	21,7	0,95	60,57	343,8	340,78	354,24	4,3110	0,03	0,9339
1,58	21,6	0,95	60,10	340,35	336,85	350,63	4,2549	0,03	0,9217
1,82	21,6	0,80	60,40	336,53	333,39	347,38	4,2009	0,03	0,9099
2,17	21,8	0,80	60,13	331,01	327,06	341,79	4,1117	0,03	0,8905
2,55	21,9	0,95	59,83	323,62	320,07	335,41	4,0054	0,03	0,8673
3	21,9	0,92	60,37	316,36	313,21	328,84	3,8995	0,03	0,8442
3,5	21,7	0,97	61,27	309,04	304,15	321,09	3,7761	0,03	0,8173
4	24,8	0,90	54,10	301,64	293,71	313,37	3,6454	0,03	0,7888
4,5	24,7	0,92	54,70	295,37	287,97	308,6	3,5594	0,03	0,7701
5	21,8	0,91	61,63	288,35	280,81	300,56	3,4459	0,03	0,7453
6,33	20,6	0,91	62,27	264,89	256,24	271,3	3,0515	0,03	0,6593
7,25	22,6	0,82	55,20	254,01	242,42	258,68	2,8659	0,03	0,6189
8	20,8	0,93	61,57	241,73	230,54	306,84	2,6767	0,03	0,5776
9	20,7	0,97	62,63	121,24	213,55	230,93	2,4030	0,03	0,5179
10,42	21,2	0,96	62,67	194,42	192,51	207,72	2,0390	0,03	0,4386
11,67	21,1	0,89	62,67	174,44	175,17	188,55	1,7500	0,03	0,3756
15,42	21,2	0,88	61,70	117,12	128,75	135,39	0,9471	0,03	0,2005
17,25	21,5	0,85	61,43	98,45	112,47	117,01	0,6743	0,03	0,1410
19	20,7	0,84	61,30	89,25	98,6	101,95	0,4802	0,03	0,0987
20,42	20,7	0,91	60,77	83,01	91,51	94,23	0,3728	0,03	0,0753
22,84	21,4	0,91	59,73	76,16	83,39	85,41	0,2514	0,03	0,0488
24,59	21,1	0,91	61,23	73,29	79,32	81,32	0,1952	0,03	0,0366
26	21	0,84	61,07	72,1	77,11	78,46	0,1634	0,03	0,0296
28,67	20,6	0,91	63,40	70,39	73,71	75,18	0,1207	0,03	0,0203
31,26	21,8	0,96	56,87	69,43	72,47	74,41	0,1055	0,03	0,0170
33,17	23,3	0,86	55,17	69,12	71,78	73,82	0,0974	0,03	0,0152
35,26	21,2	0,95	62,77	68,49	70,93	73,03	0,0858	0,03	0,0127
48,59	24,5	0,95	54,50	67,55	69,53	72,03	0,0687	0,03	0,0090

Tabela C7: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,10$ cm e 13° brix) pré-tratada com 2 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 1 % de carbonato de potássio, 7 min, 25°C (Experimento 7).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} ($^{\circ}\text{C}$)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M7
0	25,5	1,03	63,20	380,68	416,62	397,21	4,2631	0,03	1,0000
0,25	24,6	1,03	63,00	376,00	412,15	393,03	4,2031	0,03	0,9858
0,5	24,4	0,90	57,33	372,21	408,3	388,97	4,1500	0,03	0,9733
0,75	25,8	0,90	63,40	367,44	404,26	384,83	4,0896	0,03	0,9590
1	24,0	0,91	63,93	363,15	399,46	381,05	4,0349	0,03	0,9461
1,25	23,9	0,91	58,47	357,44	394,45	376,55	3,9656	0,03	0,9297
1,5	24,8	0,83	63,93	353,46	390,94	373,05	3,9149	0,03	0,9177
1,75	23,5	0,83	58,63	349,1	386,83	368,19	3,8526	0,03	0,9030
2	24,4	0,99	57,43	345,28	382,64	363,85	3,7974	0,03	0,8900
2,5	24,7	1,00	63,90	337,19	375,72	357,24	3,6977	0,03	0,8664
3	23,6	1,02	64,17	328,02	367,54	346,12	3,5606	0,03	0,8341
3,58	23,4	0,99	57,57	319,07	358,42	335,79	3,4303	0,03	0,8033
4	25,5	0,89	57,93	313,27	352,69	327,97	3,3384	0,03	0,7816
4,5	25	0,86	61,50	305,97	347,43	321,86	3,2475	0,03	0,7601
5	23,4	0,90	59,30	293,21	338,53	311,25	3,0890	0,03	0,7226
6,5	25	0,88	57,43	287,33	333,37	305,31	3,0090	0,03	0,7037
7,58	25	0,96	61,80	262,21	316,19	286,39	2,7100	0,03	0,6331
8,5	23,1	0,96	63,63	255,17	311,39	280,82	2,6244	0,03	0,6129
9,5	22,7	0,93	59,27	234,86	296,53	238,36	2,2027	0,03	0,5133
10,5	24,2	0,96	61,23	219,73	285,7	251,95	2,1881	0,03	0,5098
13,5	22,3	0,95	62,73	177,08	241,08	205,47	1,5854	0,03	0,3675
14,5	22,78	0,89	62,93	163,25	227,91	189,03	1,3809	0,03	0,3191
15,67	22,6	0,89	62,50	148,03	210,69	170,4	1,1522	0,03	0,2651
17,67	22,9	0,97	62,03	126,07	185,11	147,77	0,8505	0,03	0,1938
19,5	22,9	0,92	62,03	110,86	165,32	127,44	0,6107	0,03	0,1372
21,58	22,8	0,93	63,23	97,26	142,16	113,41	0,4237	0,03	0,0930
24,66	21,6	0,88	64,37	82,49	119,9	97,04	0,2131	0,03	0,0433
28	21,2	0,93	60,50	75,82	103,49	86,67	0,0983	0,03	0,0162
29,5	21,7	0,84	58,93	74,74	100,56	83,86	0,0722	0,03	0,0100
30,5	21,8	0,84	59,43	73,95	98,87	82,98	0,0610	0,03	0,0073
31,67	21,3	0,86	58,40	73,30	97,31	82,00	0,0500	0,03	0,0047
32,5*	21,4	0,93	57,70	72,84	96,32	81,46	0,0432	0,03	0,0031

* O tempo total de secagem foi de 50,92 horas, porém para tempos maiores que 32,5 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C8: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{inicial} = 1,19$ cm e 11° brix) pré-tratada com 2 % de lecitina, 2 % de óleo de soja e 1 % de carbonato de potássio, 7 min, 25°C(Experimento 8).

Tempo (h)	UR (%)	$v_{ar\ acima}$ (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{médio}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{eq})/(X_0-X_{eq})$ M8
0	19,7	0,48	56,87	350,53	355,52	353,99	3,9502	0,02	1,0000
0,25	20	0,67	62,97	347,88	351,87	350,85	3,9062	0,02	0,9888
0,5	19,3	0,63	63,77	344,22	347,52	346,59	3,8489	0,02	0,9742
0,75	18,8	0,78	64,27	338,48	341,78	340,55	3,7671	0,02	0,9534
1	18,6	0,30	64,40	332,66	335,63	334,79	3,6843	0,02	0,9323
1,25	18,6	0,73	64,37	327,39	330,29	329,22	3,6087	0,02	0,9131
1,5	18,5	0,50	64,97	321,76	324,11	322,99	3,5245	0,02	0,8916
1,75	18,4	0,58	65,00	315,76	317,85	316,68	3,4378	0,02	0,8695
2	18,3	0,42	59,87	308,81	310,36	309,79	3,3382	0,02	0,8442
2,5	18,5	0,60	59,83	298,07	300,12	300,02	3,1946	0,02	0,8076
3	18,5	0,50	59,37	289,34	290,89	290,41	3,0658	0,02	0,7748
3,5	18,3	0,65	59,93	280,66	281,08	278,66	2,9247	0,02	0,7389
4	17,7	0,48	60,57	272,49	271,21	269,85	2,7993	0,02	0,7070
4,5	17,4	0,74	60,87	262,75	261,95	260,95	2,6690	0,02	0,6738
5	17,6	0,51	59,90	254,75	253,37	251,87	2,5492	0,02	0,6433
6	18	0,38	59,53	238,89	233,36	229,72	2,2784	0,02	0,5744
7	18,1	0,54	59,07	221,34	212,76	211,89	2,0171	0,02	0,5078
8	19,1	0,55	64,53	203,51	194,63	196,82	1,7788	0,02	0,4471
9,25	18,7	0,46	57,67	181,01	168,87	170,24	1,4294	0,02	0,3582
11,25	19,5	0,65	63,47	147,13	127,43	124,74	0,8655	0,02	0,2146
13	19,2	0,67	63,30	129,23	113,43	107,6	0,6364	0,02	0,1563
14	19,3	0,56	55,73	113,33	100,62	93,69	0,4372	0,02	0,1056
16	20,2	0,56	55,40	97,5	85,59	77,26	0,2164	0,02	0,0493
18	20,4	0,52	55,50	86,16	75,4	63,61	0,0521	0,02	0,0075
20*	20,1	0,71	58,57	75,36	68,61	57,84	0,0643	0,02	0,0106

* O tempo total de secagem foi de 44 horas, porém para tempos maiores que 20 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C9: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,23$ cm e 11° brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 9).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M9
0	18,9	1,18	60,7	389,05	388,78	4,6180	0,02	1,0000
0,25	18,9	1,15	61,7	384,34	384,43	4,5525	0,02	0,9858
0,5	18,1	1,06	64,0	378,84	379,36	4,4762	0,02	0,9691
1	18,2	1,19	57,8	356,12	365,78	4,2140	0,02	0,9121
1,25	18,4	0,91	59,0	350,04	359,79	4,1269	0,02	0,8931
1,5	18,4	1,10	59,2	344,55	354,77	4,0510	0,02	0,8766
1,75	18,4	1,04	58,8	338,64	349,57	3,9707	0,02	0,8591
2,08	18,9	1,04	58,5	332,4	344,41	3,8884	0,02	0,8412
2,5	18,4	1,06	64,4	319,63	332,37	3,7092	0,02	0,8022
3	19,4	1,01	58,5	310,23	323,3	3,5758	0,02	0,7732
3,53	19,5	1,07	57,9	296,66	311,2	3,3904	0,02	0,7329
4	18,6	1,07	63,2	288,88	300,68	3,2582	0,02	0,7041
4,5	20,0	1,24	57,5	274,42	290,95	3,0835	0,02	0,6661
5	19,5	0,97	57,9	265,55	282,43	2,9579	0,02	0,6388
6,58	20,4	1,00	57,0	236,65	254,4	2,5467	0,02	0,5493
7,33	18,9	0,91	63,4	221,94	240,19	2,3378	0,02	0,5038
8	20,1	0,97	57,3	209,89	227,13	2,1565	0,02	0,4644
9	20,0	0,97	57,0	192,75	211,7	1,9212	0,02	0,4132
11	18,7	0,97	61,4	155,9	172,98	1,3754	0,02	0,2944
12,17	19,0	0,90	61,4	140,05	155,49	1,1346	0,02	0,2420
13,25	19,1	0,95	60,2	126,35	140,32	0,9261	0,02	0,1966
14,08	20,1	1,01	57,1	118,23	131	0,8001	0,02	0,1692
17,24	18,3	0,92	63,7	89,58	97,33	0,3500	0,02	0,0713
18,08	18,7	0,94	60,8	85,35	92,37	0,2836	0,02	0,0568
19	18,1	1,07	60,7	81,12	87,26	0,2162	0,02	0,0421
20	17,7	0,90	61,3	77,68	82,69	0,1583	0,02	0,0295
22,83	17,8	0,86	61,8	70,96	75,27	0,0877	0,02	0,0142
24,16	17,6	0,86	61,3	69,42	73,32	0,0595	0,02	0,0080
25	17,3	1,01	60,9	68,68	72,34	0,0453	0,02	0,0049
26*	17,5	0,98	61,3	68,68	71,42	0,0320	0,02	0,0021

* O tempo total de secagem foi de 44,45 horas, porém para tempos maiores que 26 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C10: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,18$ cm e 14^o brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 2 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 10).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ 10
0	20,0	0,91	57,30	368,78	350,83	356,16	5,8026	0,02	1,0000
0,25	20,3	0,54	54,83	366,73	348,39	351,87	5,7470	0,02	0,9904
0,5	19,8	0,76	59,57	364,82	346,39	349,96	5,7101	0,02	0,9840
0,75	19,3	0,81	61,10	361,19	338,35	345,48	5,6073	0,02	0,9662
1	19,0	0,78	61,30	357,36	342,31	341,72	5,5854	0,02	0,9624
1,25	19,0	0,76	60,70	353,37	334,81	338,23	5,4902	0,02	0,9460
1,5	18,8	0,76	60,87	349,83	331,38	334,84	5,4247	0,02	0,9346
1,75	18,9	0,80	60,37	345,61	227,12	329,85	5,3394	0,02	0,9199
2	18,9	0,79	61,03	342,44	323,80	326,35	5,2762	0,02	0,9089
2,5	17,9	0,77	61,33	333,53	316,30	318,48	5,1228	0,02	0,8824
3	17,9	0,72	61,50	325,91	309,43	310,39	4,9801	0,02	0,8577
3,5	18,3	0,82	61,77	314,80	301,33	300,40	4,7958	0,02	0,8258
4	18,0	0,81	62,07	306,52	294,66	292,82	4,6535	0,02	0,8012
4,5	17,8	0,78	62,17	296,36	285,44	283,72	4,4735	0,02	0,7701
5	17,9	0,77	61,83	287,60	278,40	275,74	4,3233	0,02	0,7441
6	17,9	0,87	61,67	271,13	261,55	254,41	3,9774	0,02	0,6842
7	18,1	0,54	60,97	253,79	245,13	237,24	3,6553	0,02	0,6285
8	18,2	0,53	61,08	235,52	231,09	221,05	3,3491	0,02	0,5755
9	18,1	0,62	60,37	218,45	215,47	201,73	3,0202	0,02	0,5186
10	18,2	0,56	60,17	203,80	200,42	183,77	2,7185	0,02	0,4664
11	18,5	0,86	59,90	185,77	182,40	167,16	2,3854	0,02	0,4088
12	18,5	0,89	59,83	169,07	169,91	152,40	2,1081	0,02	0,3608
13	18,5	0,94	59,87	156,03	157,99	140,26	1,8735	0,02	0,3202
14	18,7	0,97	59,00	143,51	145,85	125,08	1,6214	0,02	0,2766
15,92	19,2	0,87	58,30	117,65	119,12	103,03	1,1493	0,02	0,1950
18	19,2	0,93	58,43	94,06	101,92	85,49	0,7814	0,02	0,1313
20	19,4	0,82	58,60	80,90	87,94	71,92	0,5237	0,02	0,0867
22	19,2	0,74	60,13	70,90	75,70	61,41	0,3162	0,02	0,0508
24,17	19,1	0,86	61,33	62,77	64,76	55,64	0,1588	0,02	0,0236
25,75	18,7	0,68	61,87	58,74	60,40	52,89	0,0883	0,02	0,0114
29,25*	17,2	0,67	60,83	54,90	54,41	49,44	0,0339	0,02	0,0020

* O tempo total de secagem foi de 45,58 horas, porém para tempos maiores que 29,25 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C11: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,26$ cm e 11° brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 1 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 11).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M11
0	17,8	0,65	57,80	353,77	354,12	356,17	4,0050	0,02	1,0000
0,25	17,6	0,69	58,17	350,26	350,91	353,33	3,9600	0,02	0,9887
0,5	17,7	0,69	59,63	346,34	347,52	349,94	3,9097	0,02	0,9761
0,75	17,5	0,67	59,90	342,2	343,62	344,24	3,8451	0,02	0,9599
1	17,6	0,59	59,77	337,56	338,31	338,88	3,7731	0,02	0,9418
1,25	17,5	0,88	59,53	332,97	333,70	334,21	3,7079	0,02	0,9254
1,5	17,6	0,71	59,23	328,46	329,27	329,27	3,6426	0,02	0,9090
1,75	17,6	0,68	59,10	324,07	324,15	322,71	3,5670	0,02	0,8901
2	17,5	0,67	59,37	320,05	318,67	317,25	3,4967	0,02	0,8724
2,5	17,5	0,78	59,33	309,65	308,95	306,90	3,3534	0,02	0,8364
3	17,6	0,63	59,00	301,99	300,90	297,34	3,2346	0,02	0,8066
3,5	17,7	0,63	59,77	294,98	292,39	286,66	3,1114	0,02	0,7757
4	17,7	0,58	60,83	285,97	281,42	276,23	2,9684	0,02	0,7398
4,5	17,6	0,63	60,83	276,44	272,58	267,15	2,8393	0,02	0,7074
6	17,5	0,59	60,93	268,54	264,32	257,66	2,7187	0,02	0,6771
7,17	17,4	0,71	60,90	252,03	246,22	230,65	2,4291	0,02	0,6044
8,02	17,5	0,65	60,63	236,41	229,83	213,90	2,1997	0,02	0,5468
9	17,5	0,78	59,60	221,35	216,61	199,34	1,9982	0,02	0,4962
9,92	17,5	0,75	59,57	209,83	205,06	184,79	1,8213	0,02	0,4518
12,08	17,7	0,58	58,83	172,41	157,65	133,85	1,1830	0,02	0,2916
13	17,5	0,77	58,30	161,17	143,65	123,73	1,0166	0,02	0,2498
14	17,4	0,81	58,03	148,33	133,11	114,30	0,8622	0,02	0,2111
16	17,7	0,81	58,73	127,76	112,85	97,95	0,5932	0,02	0,1436
18	17,9	0,78	58,23	111,32	94,02	83,07	0,3572	0,02	0,0843
20,08	18,2	0,73	58,53	95,08	78,02	75,04	0,1676	0,02	0,0367
22,17*	18,6	0,67	56,53	80,44	68,08	69,73	0,1402	0,02	0,0298

* O tempo total de secagem foi de 47,15 horas, porém para tempos maiores que 22,17 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C12: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,21$ cm e 12° brix) pré-tratada com 4 % de lecitina, 2 % de óleo de soja e 1 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 12).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M12
0	18,9	1,18	60,7	392,35	394,12	4,6180	0,02	1,0000
0,25	18,9	1,15	61,7	387,40	388,44	4,5421	0,02	0,9835
0,5	18,1	1,06	64,0	391,88	382,88	4,5345	0,02	0,9818
1	18,2	1,19	57,8	376,96	370,35	4,3384	0,02	0,9392
1,25	18,4	0,91	59,0	370,62	364,85	4,2538	0,02	0,9208
1,5	18,4	1,10	59,2	364,76	359,23	4,1718	0,02	0,9029
1,75	18,4	1,04	58,8	357,96	353,22	4,0803	0,02	0,8830
2,08	18,9	1,04	58,5	351,13	347,37	3,9897	0,02	0,8633
2,5	18,4	1,06	64,4	336,68	334,04	3,7912	0,02	0,8201
3	19,4	1,01	58,5	325,19	322,75	3,6285	0,02	0,7847
3,53	19,5	1,07	57,9	310,36	309,56	3,4283	0,02	0,7411
4	18,6	1,07	63,2	297,96	297,67	3,2548	0,02	0,7034
4,5	20,0	1,24	57,5	287,88	287,41	3,1095	0,02	0,6717
5	19,5	0,97	57,9	278,39	277,01	2,9674	0,02	0,6408
6,58	20,4	1,00	57,0	245,55	241,79	2,4813	0,02	0,5350
7,33	18,9	0,91	63,4	228,23	226,39	2,2475	0,02	0,4842
8	20,1	0,97	57,3	214,85	213,96	2,0631	0,02	0,4440
9	20,0	0,97	57,0	197,83	197,43	1,8235	0,02	0,3919
11	18,7	0,97	61,4	157,83	153,84	1,2264	0,02	0,2620
12,17	19,0	0,90	61,4	138,70	138,33	0,9789	0,02	0,2081
13,25	19,1	0,95	60,2	123,75	122,40	0,7583	0,02	0,1601
14,08	20,1	1,01	57,1	115,71	114,34	0,6433	0,02	0,1351
17,24	18,3	0,92	63,7	84,85	82,36	0,1945	0,02	0,0374
18,08	18,7	0,94	60,8	80,05	78,49	0,1325	0,02	0,0239
19	18,1	1,07	60,7	75,80	74,21	0,0716	0,02	0,0107
20*	17,7	0,90	61,3	72,30	71,04	0,0239	0,02	0,0003

* O tempo total de secagem foi de 55 horas, porém para tempos maiores que 20 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C13: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,24$ cm e 14° brix) pré-tratada com 2 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 13).

Tempo (h)	UR (%)	v_{ar} (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M13
0	19,6	0,94	59,83	382,34	379,74	384,24	4,3613	0,02	1,0000
0,25	18,4	0,95	61,80	378,43	376,67	381,41	4,3146	0,02	0,9892
0,5	18,1	0,95	62,20	374,19	372,80	376,94	4,2547	0,02	0,9754
0,78	18,9	0,90	56,20	369,08	367,81	370,17	4,1744	0,02	0,9569
1,05	18,0	0,90	62,67	363,90	361,95	364,02	4,0926	0,02	0,9381
1,3	17,9	0,89	63,13	358,47	354,82	357,88	4,0037	0,02	0,9176
1,5	18,4	0,89	57,48	353,76	349,39	352,39	3,9294	0,02	0,9005
1,77	18,5	0,92	57,30	348,92	344,01	346,79	3,8541	0,02	0,8831
2	18,6	0,92	57,23	344,92	340,05	342,00	3,7934	0,02	0,8691
2,5	18,4	0,99	57,87	333,42	329,95	331,98	3,6429	0,02	0,8344
3	18,3	0,82	57,93	324,35	320,37	322,83	3,5106	0,02	0,8039
3,5	18,3	0,99	60,37	313,9	310,93	313,63	3,3721	0,02	0,7720
4,08	17,5	0,87	62,57	299,98	296,06	299,61	3,1684	0,02	0,7251
4,67	17,9	0,82	42,07	288,28	283,78	283,97	2,9799	0,02	0,6816
5	17,5	0,75	59,33	281,48	275,77	276,56	2,8742	0,02	0,6573
6	17,2	0,91	59,67	260,20	251,28	256,63	2,5617	0,02	0,5853
7,17	16,8	0,78	59,57	235,89	229,17	235,5	2,2402	0,02	0,5112
8,08	16,9	0,78	60,47	217,8	211,51	213,09	1,9633	0,02	0,4474
9	17,2	0,85	56,57	202,26	192,09	196,83	1,7198	0,02	0,3912
10,33	17,4	0,85	59,93	181,25	166,72	175,15	1,3961	0,02	0,3166
13,91	17,8	0,82	60,37	116,66	116,15	121,54	0,5923	0,02	0,1314
15	17,9	0,87	60,27	106,91	107,13	109,47	0,4455	0,02	0,0976
16	17,8	1,11	58,60	99,93	98,41	101,88	0,3347	0,02	0,0720
18	18,0	0,92	57,47	89,46	88,63	89,84	0,2873	0,02	0,0611
20,05	19,4	1,06	57,77	83,40	83,10	84,63	0,2064	0,02	0,0425
22	19,5	1,05	63,43	80,79	79,72	81,44	0,1647	0,02	0,0329
26,33	18,4	0,92	59,93	74,98	75,76	77,46	0,0944	0,02	0,0167
27,08	21,0	0,83	57,83	74,73	75,34	76,93	0,0880	0,02	0,0152
28	19,8	0,81	58,43	74,23	74,86	76,33	0,0809	0,02	0,0135
30,75	19,6	0,79	58,60	73,65	73,84	75,42	0,0703	0,02	0,0111
32	18,2	1,00	58,37	72,65	73,46	75,05	0,0604	0,02	0,0088
33	19,2	0,96	58,03	72,39	73,09	74,65	0,0556	0,02	0,0077
34	18,0	0,90	57,23	72,10	72,89	74,44	0,0520	0,02	0,0069
36,33	18,6	0,98	61,97	71,66	72,45	73,76	0,0440	0,02	0,0050
38,92*	19,1	0,95	60,30	71,35	72,03	73,40	0,0392	0,02	0,0039

* O tempo total de secagem foi de 44,17 horas, porém para tempos maiores que 38,92 horas os valores de M foram negativos e por isso foram descartados.

Tabela C14: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,22$ cm e 13° brix) pré-tratada com 2 % de lecitina, 2 % de óleo de soja e 3 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 14).

Tempo (h)	UR (%)	$v_{\text{ar acima}}$ (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ 14
0	22,4	1,18	58,53	380,07	382,74	380,84	4,9646	0,03	1,0000
0,25	21,7	1,06	60,57	376,67	379,39	377,23	4,9104	0,03	0,9890
0,5	21,5	0,90	61,03	373,00	375,96	373,75	4,8551	0,03	0,9778
0,75	21,5	1,04	60,80	368,57	371,96	369,88	4,7908	0,03	0,9648
1,08	21,6	1,07	60,43	363,47	367,35	365,03	4,7147	0,03	0,9494
1,25	21,5	1,07	61,07	360,81	364,83	361,91	4,6714	0,03	0,9406
1,5	21,4	0,87	61,23	357,43	360,61	357,65	4,6093	0,03	0,9280
1,75	20,8	0,87	62,87	352,39	355,84	352,99	4,5337	0,03	0,9127
2	22,4	0,97	56,70	348,51	352,50	349,05	4,4754	0,03	0,9009
2,5	20,7	1,24	63,00	339,32	341,24	338,80	4,3146	0,03	0,8684
3,17	20,8	1,24	55,43	328,99	331,88	330,38	4,1676	0,03	0,8386
4	22,8	1,02	60,60	315,52	318,44	316,48	3,9543	0,03	0,7954
4,5	22,6	1,07	58,20	309,69	312,26	308,21	3,8484	0,03	0,7739
5	21,7	1,07	56,97	303,36	305,87	300,83	3,7433	0,03	0,7526
6	20,0	1,00	58,00	290,67	293,67	282,44	3,5175	0,03	0,7069
7	21,4	0,95	62,63	270,28	277,24	263,20	3,2249	0,03	0,6477
8,13	21,8	1,02	59,37	255,70	263,22	243,12	2,9708	0,03	0,5962
9,05	22,1	0,88	57,50	241,37	252,70	230,65	2,7761	0,03	0,5568
10	20,7	0,99	57,13	229,89	237,61	217,05	2,5656	0,03	0,5141
12,67	23,3	0,99	61,13	191,74	201,00	164,01	1,8987	0,03	0,3790
13,08	23,7	1,10	58,63	186,38	196,39	159,49	1,823	0,03	0,3637
14	21,3	0,90	55,47	177,74	188,19	151,4	1,6927	0,03	0,3373
15	21,3	1,03	59,83	167,20	174,97	140,88	1,513	0,03	0,3009
17,58	23,7	0,99	61,07	142,45	148,31	114,53	1,1062	0,03	0,2185
19	21,1	1,14	56,07	132,39	140,34	107,76	0,9766	0,03	0,1923
21	21,6	0,99	59,43	121,24	126,36	97,65	0,7918	0,03	0,1549
24,05	20,9	0,87	59,37	110,77	112,22	86,29	0,6033	0,03	0,1167
25,05	20,5	0,89	59,27	107,35	108,23	84,26	0,5537	0,03	0,1066
26	22,4	0,98	58,83	104,20	104,68	82,54	0,5095	0,03	0,0977
27	20,7	0,90	58,53	101,55	101,31	80,26	0,466	0,03	0,0889
30,33	22,7	1,00	49,90	93,22	89,26	76,52	0,339	0,03	0,0631
31,08	20,8	0,99	59,50	91,82	88,00	75,67	0,3206	0,03	0,0594
32,08	22,8	0,94	59,20	89,29	86,47	74,98	0,2958	0,03	0,0544
33,41	22,6	0,90	59,67	86,89	84,67	74,01	0,2687	0,03	0,0489
37,58	21,7	0,95	58,80	82,35	80,9	71,89	0,2141	0,03	0,0379
49,33	20,0	0,93	62,13	70,77	71,10	68,61	0,0847	0,03	0,0116
59,83	21,4	1,00	60,33	70,23	70,37	68,47	0,0773	0,03	0,0101

Tabela C15: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,16$ cm e 12° brix) pré-tratada com 2 % de lecitina, 4 % de óleo de soja e 1 % de carbonato de potássio, 3 min, 25°C (Experimento 15).

Tempo (h)	UR (%)	$v_{\text{ar acima}}$ (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M15
0	22,8	0,92	58,07	409,68	384,62	403,57	5,2227	0,03	1,0001
0,25	22,8	0,92	61,10	406,03	381,46	400,22	5,1700	0,03	0,9899
0,5	22,7	1,06	60,17	402,97	379,17	397,22	5,1267	0,03	0,9816
0,75	22,2	1,06	61,53	399,05	375,79	392,29	5,0633	0,03	0,9695
1	22,2	1,09	61,90	484,69	372,08	389,35	5,0061	0,03	1,0459
1,25	22,1	1,09	62,43	390,39	369,08	385,01	4,9458	0,03	0,9469
1,5	22,1	1,18	62,30	386,33	365,74	380,39	4,8835	0,03	0,9350
1,75	21,9	1,07	63,07	381,72	362,35	376,22	4,8205	0,03	0,9229
2	21,6	1,01	63,00	375,35	357,39	369,62	4,7275	0,03	0,9050
2,5	2,02	0,90	62,37	367,97	350,47	362,59	4,6167	0,03	0,8838
3	21,4	0,85	63,17	357,67	342,65	354,12	4,4789	0,03	0,8573
3,5	21,3	0,92	63,47	347,79	334,61	343,85	4,3327	0,03	0,8293
4	21,2	0,89	63,33	339,10	326,45	335,77	4,2032	0,03	0,8044
4,5	21,0	0,86	63,40	326,83	316,82	325,97	4,0387	0,03	0,7729
5,5	21,0	0,98	63,17	306,27	301,31	304,98	3,7431	0,03	0,7161
6,5	21,0	0,73	63,30	287,53	287,25	287,52	3,4827	0,03	0,6662
7,5	20,8	0,74	63,43	269,71	271,64	266,98	3,2027	0,03	0,6124
8,5	21,1	0,91	63,40	253,53	260,25	252,37	2,9843	0,03	0,5705
9,5	22,6	0,79	62,93	238,83	246,6	236,9	2,7567	0,03	0,5269
10,5	21,5	1,39	56,73	226,51	237,21	224,94	2,5822	0,03	0,4934
11,67	20,6	1,24	58,50	212,02	226,01	211,67	2,3803	0,03	0,4546
12,5	20,7	0,93	62,37	198,11	215,84	200,72	2,1987	0,03	0,4198
13,5	21,0	0,85	58,00	181,85	204,40	187,34	1,9859	0,03	0,3790
14,5	21,2	1,01	59,90	167,27	192,81	172,13	1,7714	0,03	0,3378
16,67	21,4	0,95	61,30	140,67	168,69	144,01	1,3621	0,03	0,2593
18,75	21,3	0,92	59,87	118,64	145,51	124,39	1,0247	0,03	0,1945
20,17	21,5	1,09	60,83	103,44	128,51	110,02	0,7822	0,03	0,1480
21,17	20,0	1,01	61,37	98,00	121,35	103,45	0,6823	0,03	0,1288
24,5	19,7	0,83	63,03	82,71	102,48	88,63	0,4270	0,03	0,0798
25,58	19,4	0,99	63,17	78,66	394,80	82,18	0,3319	0,03	0,3720
29,5	19,8	0,92	64,47	73,84	84,34	76,19	0,2203	0,03	0,0402
30,5	19,4	0,92	60,17	73,14	83,56	75,47	0,2088	0,03	0,0380
31,58	19,7	0,93	59,90	72,73	82,85	74,65	0,1987	0,03	0,0360
32,5	19,9	0,93	58,53	72,46	82,35	74,11	0,1919	0,03	0,0347
34,92	20,9	0,92	63,33	71,47	80,78	72,94	0,1724	0,03	0,0310
47,1	20,9	0,92	61,90	69,18	78,67	69,68	0,1327	0,03	0,0233

Tabela C16: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,22$ cm e 14° brix) tratada com 2 % de lecitina de soja, 2% de óleo de soja e 1 % de K_2CO_3 , 3 min, 25°C (Experimento 16).

Tempo (h)	UR (%)	v_{aracima} (m/s)	T_{ar} (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	$X_{\text{médio}}$ (b.s.)	X_{eq} (b.s.)	$(X-X_{\text{eq}})/(X_0-X_{\text{eq}})$ M16
0	17,2	0,63	57,10	351,44	351,04	352,04	10,1119	0,02	1,0000
0,25	17,0	0,57	58,47	346,89	347,02	347,06	9,9691	0,02	0,9859
0,5	16,9	0,56	57,83	343,01	342,92	342,02	9,8320	0,02	0,9723
1,25	17,0	0,56	57,67	328,15	322,97	326,93	9,3061	0,02	0,9202
2,08	16,9	0,47	60,50	310,22	308,94	310,53	8,7965	0,02	0,8697
2,58	16,9	0,44	60,93	292,96	300,04	302,02	8,4312	0,02	0,8335
3,08	16,9	0,48	61,13	287,25	291,41	291,63	8,1706	0,02	0,8076
3,58	16,8	0,48	61,83	254,53	286,36	286,58	7,7194	0,02	0,7629
5	17,0	0,51	60,53	243,99	258,54	256,02	6,9932	0,02	0,6910
5,5	16,9	0,57	60,60	243,99	251,01	244,14	6,7887	0,02	0,6707
6	16,9	0,43	59,20	238,59	244,65	236,23	6,5815	0,02	0,6502
6,5	16,8	0,52	59,67	228,75	235,99	225,03	6,2686	0,02	0,6192
7	16,7	0,59	59,63	221,61	228,63	217,07	6,0319	0,02	0,5957
7,5	16,6	0,50	59,53	213,1	221,46	208,66	5,7781	0,02	0,5706
8,2	16,5	0,45	61,33	201,9	211,13	198,02	5,4391	0,02	0,5370
9,03	16,6	0,56	59,77	187,41	197,06	183,99	4,9903	0,02	0,4925
10,03	16,7	0,49	59,53	172,52	181,7	166,52	4,4875	0,02	0,4427
11,86	16,6	0,47	59,93	159,29	168,23	153,23	4,0661	0,02	0,4009
13,11	16,2	0,66	60,87	127,08	135,65	122,6	3,0606	0,02	0,3013
14,11	16,3	0,57	57,80	116,05	123,56	108,59	2,6694	0,02	0,2625
16,28	16,1	0,57	58,90	93,03	94,35	85,78	1,8785	0,02	0,1842
18,11	16,3	0,58	58,30	76,27	79,90	67,34	1,3554	0,02	0,1323
20,44	16,7	0,85	54,87	63,17	68,23	57,37	0,9893	0,02	0,0961
22	16,8	0,60	55,37	58,17	60,45	52,53	0,8036	0,02	0,0777
23	16,7	0,45	56,73	55,98	57,14	50,42	0,7234	0,02	0,0697
25	16,6	0,63	61,43	50,8	50,93	44,46	0,5406	0,02	0,0516
29,17	17,1	0,52	62,57	47,79	47,79	42,00	0,4498	0,02	0,0426
30	16,4	0,52	62,43	47,54	47,53	41,82	0,4426	0,02	0,0419
31	16,3	0,44	62,63	47,27	47,31	41,58	0,4349	0,02	0,0411
32	17,6	0,74	60,07	47,27	47,19	41,43	0,4320	0,02	0,0408
35,5	18,4	0,76	55,47	47,24	46,80	41,08	0,4239	0,02	0,0400
44,58	18	0,67	57,03	46,00	45,05	40,66	0,3880	0,02	0,0365

Tabela C17: Dados de secagem da uva Rubi ($r_{\text{inicial}} = 1,29$ cm e 11 ° brix) sem pré-tratamento químico (Experimento 17).

Tempo (h)	UR (%)	v ar (m/s)	Tar (°C)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)	Xmédio (b.s.)	Xeq (b.s.)	(X-Xeq)/(X-Xo) M controle
0	23,70	1,08	54,1	350,93	357,27	361,06	5,1693	0,03	1,0000
0,25	22,60	1,19	56,0	346,19	354,51	358,29	5,1098	0,03	0,9884
0,5	22,20	1,07	56,8	344,53	353,1	356,78	5,0834	0,03	0,9833
0,75	21,40	0,84	59,9	342,91	351,6	355,4	5,0574	0,03	0,9783
1,03	20,90	0,84	60,6	340,36	348,88	353,28	5,0147	0,03	0,9700
1,25	20,90	0,97	61,1	338,86	347,24	351,9	4,9887	0,03	0,9649
1,5	20,70	0,97	61,3	336,38	345,16	349,98	4,9512	0,03	0,9576
1,75	20,50	0,93	61,5	333,78	342,93	348,27	4,9134	0,03	0,9503
2	20,80	0,93	60,8	331,25	340,86	346,69	4,8777	0,03	0,9433
2,53	22,20	0,88	55,6	327,22	336,94	343,05	4,8107	0,03	0,9303
3	20,40	0,91	61,4	323,50	333,32	339,76	4,7494	0,03	0,9184
3,5	20,10	0,89	62,5	319,09	329,15	335,17	4,6734	0,03	0,9036
4,03	22,20	0,90	55,8	314,91	324,72	331,29	4,6013	0,03	0,8896
4,58	20,10	0,87	62,2	310,56	320,49	327,25	4,5284	0,03	0,8754
5	20,10	0,89	62,2	306,91	316,67	324,05	4,4668	0,03	0,8634
6	20,20	0,97	61,9	298,88	308,72	316,12	4,3289	0,03	0,8366
7	20,40	0,82	60,9	290,37	300,99	308,69	4,1922	0,03	0,8101
8,03	19,80	0,92	62,1	282,78	293,85	301,74	4,067	0,03	0,7857
8,93	20,00	1,04	42,7	274,79	287,93	295,69	3,9517	0,03	0,7633
9,91	19,50	0,88	60,9	267,90	281,61	288,21	3,8323	0,03	0,7401
11	19,60	0,80	61,1	260,38	272,48	281,26	3,6961	0,03	0,7136
11,92	19,80	0,93	62,3	254,25	266,6	275,98	3,5963	0,03	0,6942
14,5	19,70	1,02	62,1	236,91	250,23	260,12	3,3101	0,03	0,6386
15	19,60	0,88	62,3	233,96	247,49	257,01	3,2593	0,03	0,6287
16	19,40	0,93	62,0	228,30	240,74	251,18	3,1541	0,03	0,6083
17	19,40	0,93	61,9	221,66	234,47	243,95	3,0379	0,03	0,5857
19	19,70	0,93	61,9	214,31	228,8	238,49	2,9311	0,03	0,5649
21,02	19,90	1,08	60,0	199,02	218,78	228,64	2,7277	0,03	0,5254
23,09	19,50	0,79	59,5	184,72	209,15	218,97	2,5334	0,03	0,4876
26,75	20,10	1,05	61,2	164,93	191,73	196,99	2,192	0,03	0,4212
29	19,60	0,85	60,9	150,99	3981,27	186,88	1,9925	0,03	0,3825
31,25	20,60	0,91	62,2	137,26	167,98	176,22	1,7749	0,03	0,3402
33,58	20,60	0,95	58,0	127,02	160,28	169,14	1,6302	0,03	0,3120
35	19,80	1,00	58,3	122,34	154,89	162,83	1,5358	0,03	0,2937
37,5	19,70	1,00	61,8	109,05	141,81	151,91	1,3205	0,03	0,2518
39,33	19,70	0,97	61,6	100,19	134,22	144,32	1,1816	0,03	0,2248
50,25	18,50	0,98	62,4	66,36	97,3	98,96	0,5125	0,03	0,0948
53	19,30	1,00	62,3	59,80	88,99	89,19	0,3706	0,03	0,0672
55,8	23,40	1,20	55,5	54,73	83,92	84,02	0,2823	0,03	0,0500
59	21,00	1,27	53,2	52,08	80,06	80,03	0,2218	0,03	0,0383
63,42	21,50	1,08	57,3	48,56	73,71	74,03	0,1305	0,03	0,0205
75,25	19,60	1,28	57,8	43,94	63,12	63,80	0,0900	0,03	0,0126
78,58	18,50	1,06	60,1	43,05	60,45	61,26	0,0453	0,03	0,0039