

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

-UNICAMP-

FACULDADE DE
ENGENHARIA AGRÍCOLA

DESENVOLVIMENTO AGROTECNOLOGICO DA ESPÉCIE
***Cichorium intybus* L.**

GLYN MARA FIGUEIRA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. SYLVIO LUIS HONÓRIO

Co-Orientador: Prof. Dr. KIL JIN PARK

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola na área de concentração Pré processamento de produtos agropecuários.

CAMPINAS

Estado de São Paulo - Brasil

DEZEMBRO 2000

À minha família

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas Biológicas e Agrícolas (CPQBA), pela oportunidade concedida.

Ao Prof. Dr. Sylvio Luís Honório, pela orientação e incentivo durante a realização do trabalho.

Ao Dr. Pedro M. de Magalhães, ao Dr. Silvio Roberto Andrietta, a Dra. Vera Lúcia Garcia Rehder, e demais colegas do CPQBA pelo apoio recebido.

Ao químico Adilson Sartoratto e a farmacêutica Marili V. N. Rodrigues, pela ajuda nas análises cromatográficas.

Ao Prof. Dr. Kil Jin Park pelo acompanhamento em algumas fases do trabalho.

Aos funcionários da FEAGRI, pela colaboração e ajuda prestadas.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), pela colaboração sempre prontamente fornecida.

A todos que me incentivaram.

Sinceros agradecimentos

ÍNDICE

<i>Página</i>	
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	viii
ABREVIATURAS.....	x
RESUMO.....	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Descrição botânica	5
3.2. Vários usos da espécie	7
3.3. Aspectos de cultivo	8
3.4. Armazenamento	12
3.5. Inulina.....	13
3.6. Inativação e Planejamento Fatorial	15
3.7. Secagem	16
3.8. Umidade de equilíbrio.....	18
3.9. Metodologia analítica.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Locais dos experimentos	22
4.2. Material.....	22
4.3. Métodos	24
4.3.1. Preparo das mudas	24
4.3.2. Preparo da área para plantio.....	24
4.3.3. Espaçamento.....	25
4.3.4. Adubação	25
4.3.5. Ponto de colheita.....	26
4.3.6. Tratos culturais	26
4.3.7. Épocas de cultivo	27
4.3.8. Colheita e preparo da amostra	27
4.3.9. Armazenamento	28

4.3.10. Inativação enzimática	28
4.3.11. Secagem	30
4.3.12. Umidade de equilíbrio.....	32
4.3.13. Extração e análise	33
4.3.13. Análise estatística.....	35

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 37

5.1. Considerações gerais.....	37
5.2. Metodologia analítica	38
5.3. Épocas de cultivo	39
5.4. Época de colheita	43
5.5. Densidade de plantio	45
5.6. Adubação.....	47
5.7. Armazenamento	48
5.8. Inativação enzimática	50
5.9. Secagem	52
5.10. Umidade de equilíbrio	55

6. CONCLUSÕES 57

7. SUGESTÕES 58

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 59

SUMMARY..... 68

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estrutura química da inulina, onde G representa a glicose, F a frutose e n o número de unidades de frutose que podem variar de 2 a 60 unidades.....	2
Figura 2. Ilustração espécie <i>C. intybus</i> L.....	6
Figura 3. Curvas característica de cinética de secagem.....	17
Figura 4. Exemplo de uma planta produzida no campo experimental do CPQBA....	23
Figura 5. Aspecto das raízes após picadas no picador de vegetais do ITAL.....	28
Figura 6. Esquema do secador com uma coluna de secagem.....	31
Figura 7. Cromatogramas do padrão de inulina em diferentes concentrações.....	34
Figura 8. Exemplo de uma curva padrão de inulina, concentrações e áreas correspondentes.....	35
Figura 9. Vista geral do plantio de <i>C. intybus</i> em julho de 1998 no campo experimental.....	37
Figura 10. Cromatograma de amostras de extrato de raiz de <i>C. intybus</i>	38

Figura 11. Avaliação mensal do teor de inulina por amostragem.....	43
Figura 12. Avaliação mensal do teor de inulina por amostragem.....	44
Figura 13. Produtividade média e teor de inulina em relação a densidade e épocas de plantio primavera 96 e 97 (P96 e P97), outono 97 e 98 (O97 e O98).....	46
Figura 14. Teores de inulina após colheita e durante o armazenamento de raízes...49	
Figura 15. Teor de inulina em função da temperatura e tempo de inativação enzimática.....	52
Figura 16. Curvas de secagem dos diversos tratamentos.....	53
Figura 17. Teor de inulina em função das temperaturas de secagem com tratamento para inativação enzimática (Tr) e sem tratamento (Te).....	54
Figura 18. Curvas da umidade de equilíbrio para três temperaturas, observada e calculada pelo modelo de GAB.....	56

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição química inicial do solo onde foi cultivada <i>C. intybus</i> L.	25
Tabela 2. Ensaio para a determinação de tempo e temperatura ótimos para inativação da inulinase da raiz de <i>C. intybus</i> L.....	29
Tabela 3. Sais utilizados para obtenção das respectivas umidade relativas abaixo relacionadas.....	32
Tabela 4. Médias das temperaturas mínimas, máximas e soma das chuvas registradas no local dos ensaios nos meses de julho de 96 a dezembro 98.....	39
Tabela 5. Resultado dos parâmetros medidos: produtividade média e teor de inulina nos quatro experimentos de plantio.....	40
Tabela 6. Resultado dos parâmetros medidos: produtividade média e teor de Inulina nas duas épocas de plantio, primavera (P) e outono (O) para duas densidades de plantio.....	45
Tabela 7. Resultado dos parâmetros medidos: produtividade média e teor de inulina nas duas épocas de plantio, primavera (P) e outono (O) para os tratamentos com e sem adubação.....	47

Tabela 8. Temperatura e umidade relativa dos ambientes de armazenamento das raízes.....	48
Tabela 9. Análise de variância (ANOVA).....	51
Tabela 10. Parâmetros calculados para a obtenção das isotermas.....	55

ABREVIATURAS

CLAE cromatografia líquida de alta eficiência.

GF glicose e frutose.

GP grau de polimerização da inulina.

GAB modelo matemático desenvolvido pelos pesquisadores **Guggenheim-Anderson-de Boer** utilizado para determinar matematicamente a curva de umidade se equilíbrio de produtos agropecuários.

RESUMO

A inulina é um carboidrato de reserva encontrado nas raízes e tubérculos de diversas plantas das famílias *Asteraceae* e *Gramineae* dentre outras famílias. Como exemplo pode-se citar as espécies alcachofra de Jerusalém ou topinambur (*Helianthus tuberosus*), chicória (*Cichorium intybus*) e dália (*Dhalia pinnata*). A inulina é constituída de cadeias lineares de unidades de frutose unidas por ligações β -(2,1)-frutofuranosídicas e uma unidade terminal de glicose. O número de resíduos de frutose é dependente do tipo de planta e também da estação do ano. A inulina em *C. intybus* é constituída de 94%, o que sugere perspectivas para a produção de xarope puro de frutose. Outra aplicação da inulina é a produção de oligômeros de frutose ou oligofrutanas, obtidos por meio da hidrólise enzimática.

A indústria de produtos dietéticos e alimentícios em geral tem relatado o uso crescente da inulina na Europa e América do Norte, cabendo citar o uso primeiro da raiz de chicória como substituto ao café ou adicionada a ele, sendo este produto conhecido como café de “Chicorée”.

A espécie *C. intybus* L., é uma espécie vivaz da família *Asteraceae*, nativa da Europa, Ásia oeste e central, norte da África e América do Sul. É uma planta hortícola conhecida como almeirão, porém não a variedade cultivada no Brasil e sim o almeirão de raiz amarga, tem uma raiz tuberosa cujo carboidrato de reserva é a inulina.

Para desenvolver o cultivo dessa espécie foi realizado o estudo agrotecnológico de *C. intybus* variedade Fredônia, durante os anos de 96 a 98 no CPQBA – UNICAMP, município de Paulínia/SP.

O estudo foi composto por: avaliação do efeito da época de plantio, adubação, e densidade de cultivo sobre os rendimentos; determinação do teor de inulina durante o desenvolvimento e armazenamento em diferentes condições;

determinação de curvas de umidade de equilíbrio e condições de secagem das raízes influenciando o teor e a qualidade dos açúcares.

O estudo demonstrou que o cultivo de *C. intybus* para produção de raízes e extração de inulina é viável para condições estudadas. A *C. intybus* pode ser cultivada nas duas épocas, primavera e outono, atingindo o mesmo teor de inulina (%) com produtividade (kg/m^2) maior no ciclo do outono, quando o período de cultivo é maior.

Dentre os dois espaçamentos testados, o de 0,50m x 0,25m apresenta maior produtividade em função do maior número de plantas por área, nessas condições.

O teor de inulina durante o desenvolvimento do cultivo apresenta variações em função tanto do tempo como da época de cultivo.

O tempo máximo de armazenamento das raízes nas condições ambientais estudadas foi de 30 dias e 45 dias sob refrigeração, sendo o teor de inulina severamente afetado após esses períodos.

A inativação enzimática pré-secagem não se mostrou necessária e não houve diferença significativa no teor de inulina entre as temperaturas de 60, 70 e 80 °C para secagem.

O modelo de GAB pode ser utilizado para descrever a relação entre umidade de equilíbrio e umidade relativa para raiz de *C. intybus*.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Cichorium intybus* L., é uma espécie herbácea, vivaz, da família Asteraceae. É uma planta hortícola conhecida como almeirão, porém existe uma variedade que não é cultivada no Brasil que é o almeirão de raiz amarga. Esta variedade tem raiz tuberosa cujo carboidrato de reserva é a inulina.

A inulina é encontrada nos vacúolos das células das raízes e tubérculos de diversas espécies das famílias Asteraceae e Gramineae (Poaceae, Liliaceae), porém em menor quantidade que aquelas encontradas em *C. intybus*.

Esta substância recebeu tal nome, pois foi descoberta no rizoma e na raiz da espécie *Inula helenium*. Outros exemplos de plantas com inulina são a alcachofra de Jerusalém ou topinambur (*Helianthus tuberosus*), a dália (*Dhalia pinnata*) e o dente-de-leão (*Taraxacum officinale*).

Na Europa, a raiz desta espécie quando picada, torrada e moída era utilizada como substituto ao café ou adicionada a ele, produto conhecido como café de “Chicorée”. Outro produto obtido desta espécie, porém de variedade diferente, é a endívia, uma verdura exótica, produzida a partir do desenvolvimento do broto desta raiz em condições especiais de temperatura, umidade e luz.

Das raízes de *H. tuberosus* e de *C. intybus* existe uma patente registrada nos Estados Unidos para a produção de uma “farinha dietética” utilizada na fabricação de pães e bolos (YAMAZAKI et al. 1989).

A inulina em *C. intybus* apresenta um teor de frutose muito elevado (cerca de 94%), o que sugere excelentes perspectivas para a produção de xarope puro de frutose. Outra aplicação potencial da inulina é a produção de oligômeros de frutose ou oligofrutanas, obtidos por meio da hidrólise enzimática.

Tais oligômeros são compostos por unidades de frutose unidas por ligações β -(2,1), (figura 1) que possuem grande potencial de uso como adoçantes para diabéticos, devido ao seu baixo poder calórico e fator “Bífidos”. Estas propriedades constituem uma vantagem das oligofrutanas em relação ao xarope de frutose.

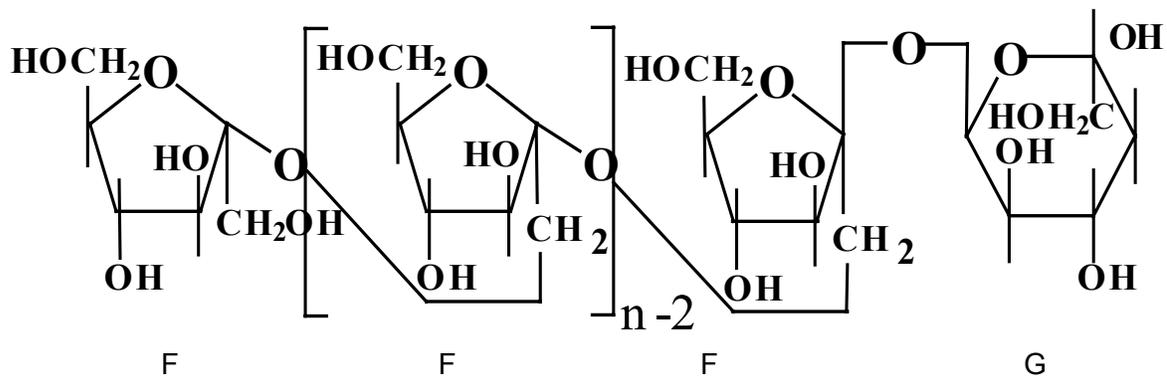


Figura 1: Estrutura química da inulina, onde G representa a glicose, F a frutose e n o número de unidades de frutose que podem variar de 2 a 60 unidades.

O fator “Bífidos” implica na regulação da flora intestinal, levando ao alívio de problemas de constipação e redução da putrefação de substâncias. As oligofrutanas não são hidrolizadas pelas enzimas do trato digestivo humano, como as dissacaridases da mucosa intestinal e a α -amilase do suco pancreático.

Assim sendo, ao contrário dos monossacarídeos resultantes da hidrólise da sacarose, as oligofrutanas não são digeridas passando através do intestino delgado ao intestino grosso onde são usadas como nutrientes por bactérias benéficas. Isto resulta num aumento de bifidobactérias, seguido de produção de ácidos graxos de cadeias curtas (SCFA), que são absorvidos e utilizados pelo organismo, diminuição do pH do intestino e diminuição do tempo de permanência dos alimentos no intestino (HIDAKA & HIRAYAMA, 1991).

As oligofrutanas tem poder adoçante inferior ao da sacarose. Por exemplo, o poder adoçante dos oligômeros GF2, GF3, GF4 é cerca de 0,2 a 0,4 vezes o da sacarose, o que não inviabiliza, porém, sua aplicação.

A inulina tem propriedade espessante para uso na indústria alimentícia, é um substituto de gorduras e fibras alimentícias. Seu interesse na indústria química é devido a possibilidade de uso para tratamento de água dura e para dissolver espumas (WESTERDIJK, 1996).

No Brasil, cultiva-se a hortaliça almeirão para a produção de folhas; existe o cultivo de endívia se iniciando; porém, não existe o cultivo desta variedade para a produção da raiz como fonte de inulina.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do presente trabalho foi determinar parâmetros agronômicos, de colheita e de pós-colheita da espécie *C. intybus*.

Objetivos específicos:

1. avaliar qual a melhor época de cultivo, em plantios na primavera e no outono.
2. avaliar a influência do espaçamento nos rendimentos.
3. avaliar o efeito da adubação sobre os rendimentos da cultura.
4. determinar a curva do teor de inulina à partir de 5 meses de cultivo.
5. determinar o período de armazenamento da raiz fresca avaliando-se a deterioração e a variação do teor de inulina.
6. estudar a inativação enzimática por temperatura antes da secagem
7. avaliar a influência de diferentes temperaturas de secagem no teor de inulina.
8. determinar as curvas de umidade de equilíbrio nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Descrição botânica

A espécie *Cichorium intybus* L. pertence à família Asteraceae tribo Cichorieae, é herbácea medindo de 0,30m a 1m, vivaz, caule rígido, anguloso, com numerosos ramos, eretos, frequentemente divergentes na base; folhas inferiores profundamente divididas em dentes agudos, folhas superiores pequenas, lanceoladas, semi-amplexicaules, pubescentes, com lóbulos profundos; flores azul vivo, liguladas, em grandes capítulos; aquênio com curtíssimo papilho, coroado por minúsculas escamas, raiz aprumada, látex branco. Possui sabor muito amargo. No Egito antigo já era conhecida como medicinal e alimentícia como salada. No século XVII servia de sucedâneo do café (PIO CORRÊA, 1942).

É nativa da Europa, Ásia oeste e central, norte da África e América do Sul, mas não da América do Norte, é uma espécie vivaz que normalmente necessita de dois anos para florescer e produzir sementes (COLLINS & MCCOY, 1997).

A figura 2 mostra, a planta com os detalhes da cor da flor e a raiz característica, da qual se extrai a inulina.

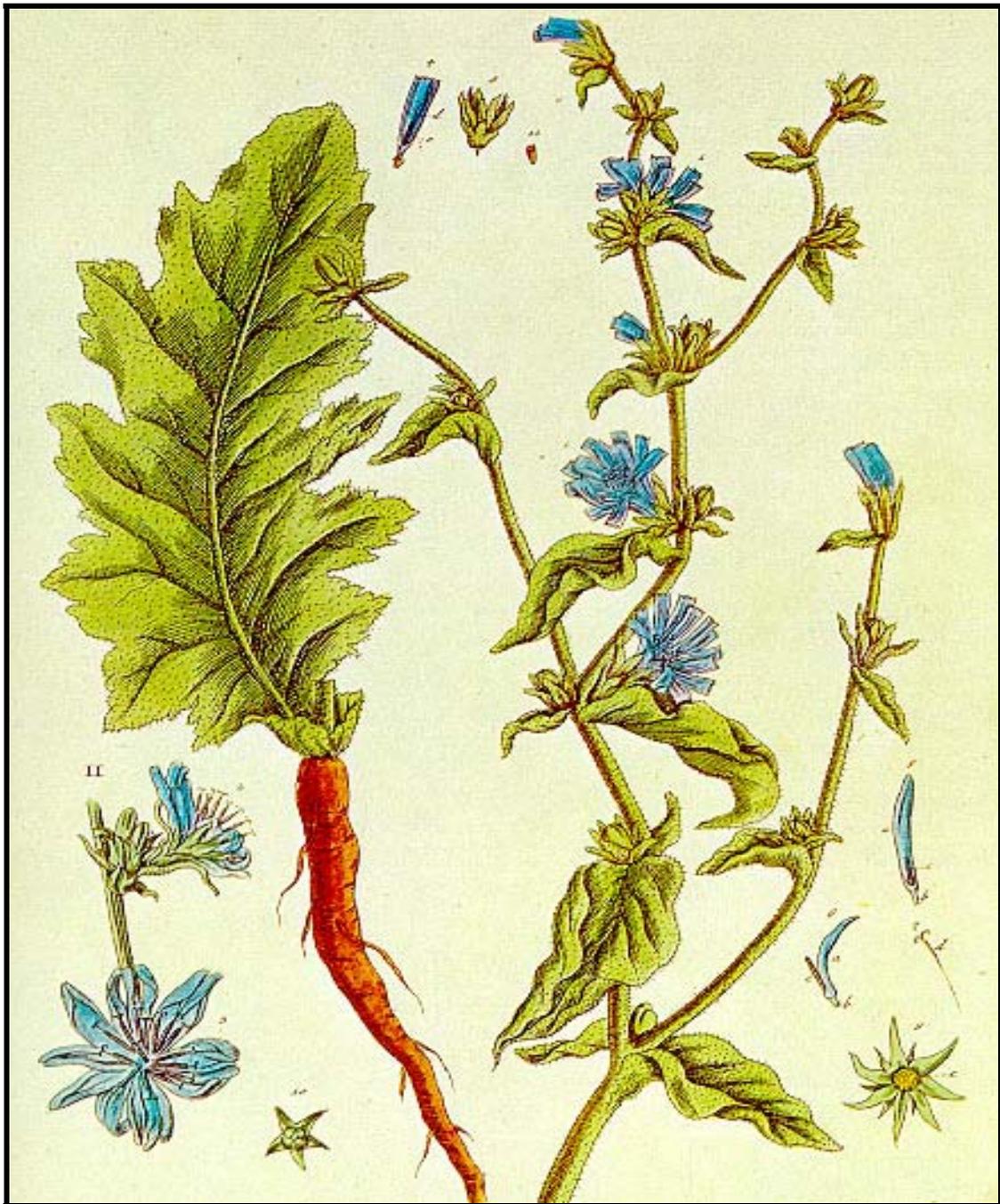


Figura 2: Ilustração da espécie *C. intybus* L, por Elisabeth Blackwell, ano de 1752.
Fonte: FURLENMEIER, 1978.

3.2. Vários usos da espécie

C. intybus é uma espécie considerada invasora em alguns trabalhos científicos, que estudam sua capacidade de sobreviver no inverno, isto é, a capacidade do tubérculo rico em material de reserva brotar na primavera sendo considerada uma praga persistente (CYR et al. 1990).

Algumas variedades são produzidas como hortaliça de folhas verde e vermelhas, bastante consumidas na Itália (GIANQUINTO & PINPINI, 1989).

Seu broto é consumido como uma hortaliça mais fina, a endívia, que é produzida a partir da raiz que é colhida, colocada para brotar em condições especiais, no escuro e com temperatura controlada (TAN & COREY, 1990).

Suas raízes são utilizadas como aditivo para o café, tendo sido importante para a Europa na época de Napoleão (SINGH-ARYA & SAINI, 1984).

Como farinha dietética, foi patenteado o processo de produção de farinha para diabéticos a partir de raízes de *H. tuberosus* e *C. intybus*, além da produção de frutooligosacarídeos (inulina) (YAMAZAKI et al. 1989). Também a extração de oligômeros utilizados como adoçante dietético (FRANCK, 1995).

A inulina serve de matéria prima para produção de xarope de frutose, de etanol, além de ter sido considerada potencial para uso como medicinal, pois foi verificada atividade anti-tumoral em células melanoma (FUCHS, 1987).

Atualmente, seu principal uso na indústria alimentícia é como espessante, substituto de gorduras e fibras alimentares, e na indústria química para o tratamento de água “dura” e para a limpeza de águas poluídas com espumas de sabão (WESTERDIJK, 1996).

SILVA (1996) descreve as aplicações da inulina extraída de raiz de *C. intybus* para a redução ou substituição de gordura, otimizando a textura dos alimentos, para formar cremes e géis e controlar a umidade e a viscosidade.

Também é citada na literatura sua utilização como forrageira, pois ocorre espontaneamente em pastagens e tem elevado valor nutritivo (JONES, 1990, COLLINS & MCCOY, 1997).

3.3. Aspectos de cultivo

Trabalhos científicos e revisões tratando de parâmetros do cultivo desta espécie datam do início dos anos 70, relatando seu uso como produtora de folhas hortícolas na Europa em condições de clima e solo bastante diferentes das nossas.

BHATIA et al. (1974) estudando as mudanças de carboidratos hidrossolúveis durante o desenvolvimento de raízes de *C. intybus*, analisaram sacarose, glicose, frutose e inulina em todos os estádios de desenvolvimento. Os resultados obtidos permitiram verificar que a relação frutose ligada por glicose aumentou com a idade da raiz atingindo quantidade máxima aos 8 meses do plantio indicando que a maturidade é caracterizada pelo aumento de oligofrutanos em detrimento do teor de sacarose.

REES & HARBORNE (1985) verificaram a importância de compostos fenólicos e sesquiterpeno-lactonas presentes em *C. intybus* em sua própria defesa contra pragas e concluíram que tais compostos fazem parte de um mecanismo de proteção contra predadores e patógenos, portanto seria uma planta com poucos problemas de ataque de pragas e doenças.

SAH et al. (1987), avaliaram quatro culturas (*Beta vulgaris*, *H. tuberosus*, *Sorghum bicolor* e *C. intybus*) quanto a aplicação de nitrogênio no rendimento de carboidratos, dentre elas a *C. intybus*, a qual foi indicada como uma boa opção para ser cultivada para produção de carboidratos energéticos, pois foi pouco exigente em adubação nitrogenada e de fácil colheita quando comparada com as demais espécies testadas.

FRESE & DAMBROTH (1987) avaliaram 49 genótipos de *C. intybus* como fonte para melhoramento genético visando a produção de inulina, nos quais foram medidos rendimentos de produção de raiz e de açúcar total, chegando-se a resultados que variaram de 2,9 a 4,9kg de raiz/m².

D'ÉECKENBRUGGE et al. (1989) analisaram 13 variedades de *C. intybus* sendo 8 comerciais (Dageraad, Cassel, Orchies, Tilda, Candi, Hicor, Pevele e Fruitosa) e 5 experimentais (fornecidas pelo melhorista F. Desprez). Foram

comparados, o peso e o formato das raízes, bem como o total de frutose e glicose. As médias de peso de raízes variaram entre 650 a 800g e a porcentagem de frutose entre 16,4 a 18,5%. O rendimento de frutose encontrado foi altamente correlacionado com o peso da raiz, inter e intra variedades. A comparação das amostras intra e inter-varietal sugere uma importante variação genética entre as variedades estudadas.

DUTILLEUL et al. (1990) analisaram parâmetros associados ao rendimento de inulina e produção industrial utilizando 13 variedades de *C. intybus* num programa de melhoramento genético, também encontrando elevada correlação entre rendimento de frutose e peso das raízes.

PATEL et al. (1990) estudaram a resposta de *C. intybus* em diferentes níveis de nutrição NPK, observando aumento significativo no peso fresco e seco das raízes quando da aplicação de 100kg N/ha 32,1t/ha comparado a 50kg N/ha 31,1t/ha e aumento significativo no rendimento de raízes na aplicação de 50kg K₂O/ha 32,2t/ha comparado com a testemunha 31,1t/ha.

FRESE et al. (1991) estudando variedades de *C. intybus* dentre elas a Fredônia, avaliaram que o melhoramento genético foi o responsável pelo aumento no teor de açúcares em raízes desta espécie, indicando um grande potencial para ganho genético.

PRINSLOO et al. (1991) estudaram organismos associados a podridão de raízes em *C. intybus* e após a identificação e a inoculação de vários fungos patogênicos, conseguiram chegar a um patógeno (*Thielaviopsis basicola*) que seria o causador primário da podridão, na África do Sul.

PRINSLOO et al. (1992) estudaram as causas bióticas e abióticas da ocorrência do engrossamento de raiz, concluindo que os danos nas pontas das raízes de mudas causados por patógenos ou por fatores mecânicos, são os responsáveis por esse engrossamento.

MEIJER et al. (1992) compararam *C. intybus* e *H. tuberosus* quanto a produção de inulina, concluindo que o rendimento da *C. intybus* foi maior, sendo o *Helianthus tuberosus* altamente influenciado pela temperatura ambiente.

MERSIE & ELLIOTT (1993) estudaram a seletividade e a eficácia de alguns herbicidas no cultivo de *C. intybus* com finalidade de produção de endívia, onde o herbicida pronamide foi o que melhor controlou as ervas daninhas para as condições estudadas.

PRINSLOO et al. (1993) estudando a resistência de *C. intybus* à podridão de raiz entre cultivares, encontraram cultivares resistentes e constataram que a via de infecção são as raízes adventícias.

LIMAMI et al. (1993), estudaram a influência da adubação nitrogenada em *C. intybus* durante o desenvolvimento do cultivo e armazenamento das raízes. Os tratamentos foram 0, 60 e 120g de nitrogênio por 10m². Foram observados os pesos de raízes durante o cultivo, colheita e armazenamento a 0,5°C. Foi observado que o aumento de frutanos na matéria seca nos últimos estágios de cultivo estava associado ao aumento de nitrogênio nas raízes.

KOUL et al. (1995) compararam duas introduções de variedades de *C. intybus*, Rector da Holanda e Orchies da França com uma variedade comercial da Índia e não encontraram superioridade nas introduções.

MEHTA et al. (1995) avaliaram o efeito do espaçamento de plantio e controle de daninhas sobre o rendimento de *C. intybus* e obtiveram o melhor resultado (20,648kg/ha) utilizando duas capinas manuais aos 30 e 60 dias; quanto ao espaçamento, 0,30m entre plantas foi melhor que 0,20m, pois evitou competição entre plantas.

WESTERDIJK (1996) em um boletim técnico relatou resultados experimentais de adubação, tipo de plantio (no plano e em canteiros), épocas de plantio e colheita, tipo de plantio (semeadura direta e transplante de mudas) armazenamento e estudo de mercado. Quanto a adubação, o uso do nitrogênio em solos de teor médio/alto foi até negativo levando ao aumento do número de folhas, criando um ambiente mais favorável a bacterioses e sem relação favorável com a produção de inulina o potássio não influenciou a produção de inulina, e influenciou negativamente no processo de extração. Com relação a época de plantio, as condições climáticas na Holanda são determinantes pois o solo precisa descongelar

para se iniciar o plantio. O resultado de maior interesse foi quanto a comparação entre semeadura direta, com e sem uso de plástico como cobertura inicial, e transplante de mudas com e sem uso de plástico como cobertura inicial, no qual o uso de transplante de mudas com o uso do plástico foi o que alcançou maior produção de raiz dentre os quatro métodos de plantio testados.

BAERT (1997) avaliou o efeito de épocas de plantio e colheita para três cultivares quanto ao rendimento de inulina e composição da raiz de chicória. Para as condições estudadas, na Bélgica, o plantio precoce aumentou o rendimento de 14,2 para 15,2% na variedade Cassel e de 16,1 para 16,5% na variedade Dageerad nas colheitas em setembro. Nas colheitas em novembro, os aumentos foram de 0,6 e 0,3% para as variedades Cassel e Dageerad, respectivamente. Durante a colheita ocorreu despolimerização da inulina em todos os cultivares. Tais informações são valiosas para o desenvolvimento do melhoramento genético.

AMADUCCI & PRITONI (1998) avaliaram o efeito de épocas de colheita para cinco cultivares quanto a produção de raízes, comprimento e diâmetro e seus açúcares, no norte da Itália. A produtividade atingida variou entre 50 a 58t/ha e o teor de inulina 15% em média; os cultivares testados tiveram comportamento similar. As dificuldades observadas foram quanto a emergência, influenciando na uniformidade da cultura, e a perda de partes das raízes na colheita.

KOCH et al. (1999) avaliaram o efeito de épocas de colheita para seis cultivares quanto ao grau de polimerização médio para inulina (GP), na Suíça. O maior grau de polimerização médio obtido para todas as variedades foi de GP 17,1 em meados e fim de outubro; em meados de novembro foi obtido o menor GP 14,6 com consequente aumento de sacarose, provavelmente devido a queda de temperatura ambiente.

SCHITTENHELM (1999) comparou as cultura de *H. tuberosus* e de *C. intybus*, com a beterraba açucareira, investigando possibilidades para rotação de culturas. Foram avaliados cultivos com e sem irrigação, com e sem controle de daninhas e com níveis de adubação nitrogenada. Estresse hídrico severo afetou igualmente todos os cultivos, sendo que *H. tuberosus* foi a cultura mais afetada no

estresse moderado. Para o nível ótimo de N (120kg/ha) o rendimento de açúcares totais foi de 19,4; 21,7 e 18,1% para beterraba, *C. intybus* e *H. tuberosus*, respectivamente, sendo que o pico de rendimento de *C. intybus* foi com o nível inferior de N (60kg/ha) 22,1%.

3.4. Armazenamento

RUTHERFORD & WESTON (1968), estudaram as mudanças nos teores de carboidratos armazenados em raízes e tubérculos de três espécies produtoras de inulina como material de reserva, dentre elas *C. intybus*. Para manter a umidade do material, este foi conservado em turfa úmida e à temperatura de $3 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 semanas, embora grande parte das mudanças tenham ocorrido nas primeiras 5 semanas. Houve redução dos carboidratos insolúveis e aumento no total de açúcares solúveis e redutores. Também foi verificado que houve diminuição na quebra dos açúcares quando se armazenou à temperatura maior, isto é, entre 15 a 20°C quando comparado ao armazenamento abaixo de 5°C .

Como a raiz desta espécie é utilizada para a produção de um broto comestível, a endívia, FIALA & JOLIVET (1980), estudaram a relação entre a capacidade de produção da endívia e a composição dos carboidratos das raízes durante o armazenamento em câmara fria, a $0,5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 95% de umidade relativa por 8 semanas, antes do início do processo de brotação. Foram comparados dois plantios coletados na mesma época, porém um com 6 meses e outro com 7 meses de cultivo. Foram avaliados os carboidratos solúveis em água (mais polimerizados) e os solúveis em álcool (menos polimerizados), durante o desenvolvimento, iniciando-se aos 4 e 5 meses e durante o armazenamento e o período de produção do broto. Foi observada uma inversão rápida de carboidratos solúveis com aumento dos carboidratos menos polimerizados no final do experimento.

ERNST et al. (1995), estudando as mudanças nos níveis de carboidratos em raízes de *C. intybus* durante o desenvolvimento e armazenamento, verificaram que

os níveis de sacarose e frutose permaneceram os mesmos durante o desenvolvimento enquanto os níveis de frutanos aumentou. Já, durante o período de armazenamento pós-colheita, os níveis de sacarose e frutose aumentaram enquanto os níveis de inulina diminuíram. Também foram verificados frutanos nas folhas de *C. intybus*, porém em traços somente.

DEMEULEMEESTER et al. (1998), avaliaram raízes em dois cultivos, a cada 2 semanas e durante o armazenamento, verificando diminuição no teor de inulina após 60 dias de armazenamento a frio . Após 4 a 6 semanas as cadeias de inulina com relação frutose/glicose maior que 10 tinham desaparecido.

Nos países onde esta raiz é produzida, sua colheita é programada de acordo com a capacidade de processamento da agroindústria. Assim, quando o teor de inulina mínimo (17%) é atingido inicia-se a colheita e o processamento (o pagamento do produto é feito por peso de raiz e brix – teor de açúcares totais). Como a colheita ocorre no final de outubro e novembro, as temperaturas ambiente já são baixas e são feitos amontoados de raízes para conservação no próprio campo, utilizando-se uma lona como cobertura contra geadas. As temperaturas máxima e mínima dentro deste amontoado descritos por WESTERDIJK (1996) foram 10 e 4°C. Os principais problemas descritos são a brotação e a fermentação, devidos a falta de ventilação.

O peso molecular médio das cadeias da inulina reduz substancialmente após duas semanas, comprometendo sua qualidade e inviabilizando seu armazenamento para a finalidade de extração de inulina de melhor qualidade (alto grau de polimerização), podendo, no entanto, ser produzido o xarope de frutose de menor valor.

3.5. Inulina

A inulina (figura 1) é um carboidrato de reserva do grupo dos oligossacarídeos chamados frutanos, constituída de cadeias lineares de unidades de

frutose, unidas por ligações β -(2,1)-frutofuranosídicas e uma unidade terminal de glicose (GROOTWASSINK E FLEMING, 1980).

HENDRY (1993) em sua revisão sobre a origem evolucionária e função natural das frutanas (constituente não estrutural de reserva), concluiu que em algumas espécies, esta função é de manter o crescimento durante períodos de disponibilidade limitada de água. Sendo um carboidrato vacuolar, tem função de osmoregulação e crescimento, pelo aumento da célula.

A *C. intybus* é conhecida desde 4000 a.C., citada num dos mais antigos textos egípcios que chegaram a atualidade “Papiro Ebers”, utilizada como tonificante do estômago. Sua raiz foi utilizada como sucedâneo do café, uso este que foi intensificado com o bloqueio continental ordenado por Napoleão. A utilização alimentar desta chicória-brava data do século XVII; cultivada nas hortas, deu origem a inúmeras variedades hortícolas atualmente conhecidas como escarolas e endívias (FURLENMEIR, 1984).

Recentemente a inulina, principal composto armazenado na raiz de *C. intybus*, foi identificada como um ingrediente que substitui a gordura quando combinada com água em alimentos dietéticos. A inulina estabiliza mousses dietéticos, tendo efeito sinérgico geleificante. Recentes pesquisas demonstraram resultados positivos de absorção de cálcio e prevenção de câncer de cólon, (COUSSEMENT & FRANCK, 1998).

A maior crítica aos produtos dietéticos se refere ao decréscimo de textura (sensação tátil bucal); para substituir ou reduzir a gordura com sucesso, o substituto deve ter baixo valor calórico, ser estável ao calor, e ter propriedades texturizantes similares à gordura (APPLIED TECHNOLOGY, 1993). Produtos dietéticos encontram mercado crescente o que tem levado ao desenvolvimento de ingredientes e métodos de produção.

BYRNE (1997), apresentando a tendência de consumo de novos produtos, cita a aplicação de inulina extraída de raízes de *C. intybus* (produto comercial: Raftiline) em produtos “low fat”, “no fat”, “low colesterol”, “low caffeine”, como alternativa saudável de consumo de alimentos enriquecidos.

BYRNE (1998) relata o crescimento de alimentos funcionais caracterizado pelo marketing de alimentos para “saúde positiva”, em países da Comunidade Européia; já no Japão, houve crescimento de produtos com um ou mais ingredientes com benefícios à saúde. Dentre os principais novos ingredientes/produtos, os oligossacarídeos (inulina), são citados como ingredientes em iogurtes, bebidas a base de frutas, queijos, sorvetes, chocolates, dentre outros, com uma função principal probiótica, ajudando a manutenção da flora intestinal.

Após 1988, devido a modificações na legislação brasileira que passou a considerar os dietéticos como alimentos, e não mais medicamentos, o crescimento foi explosivo, porém a desatualização da legislação vem ocasionando distorções de produtos cuja comercialização e uso contribuem para confundir o consumidor (CÂNDIDO & CAMPOS, 1995).

Em 1995, através da portaria nº41/95 SVS/MS, revisada pela portaria nº122/95 SVS/MS foram fornecidos subsídios para que o mercado pudesse começar a se organizar (Associação Brasileira das Industrias da Alimentação, 1989/1995).

3.6. Inativação e Planejamento Fatorial

Enzimas (proteínas) são unidades funcionais do metabolismo celular atuando em reações de síntese e degradação de moléculas.

No processo de acúmulo de inulina como composto de reserva, várias enzimas de síntese e degradação estão presentes.

As enzimas tem propriedades específicas para seu funcionamento e condições que definem sua integridade. Quando tais condições são alteradas sua atividade é perdida, isto é, ocorre uma inativação enzimática. Quando ocorre aumento excessivo da temperatura as cadeias polipeptídicas são rompidas e sua atividade catalítica é destruída, por isso a temperatura é uma das condições utilizadas quando se deseja inativar enzimas e manter a integridade de produtos de interesse.

Segundo BOX & DRAPPER (1987), o planejamento experimental fatorial facilita a elaboração de modelos interagindo os dados, fazendo comparações, buscando similaridades, diferenças e tendências.

O planejamento fatorial é uma ferramenta estatística que visa facilitar o estudo de um sistema, minimizando a quantidade de experimentos necessários para a obtenção de informações sobre o comportamento do mesmo (BARROS NETO et al. 1995).

3.7. Secagem

A secagem é o processo utilizado para reduzir o teor de umidade de um determinado produto agrícola com o objetivo de preservar suas qualidades nutricionais e organolépticas desenvolvidas durante a fase de campo. Preserva características físicas e propriedades tecnológicas aumentando o potencial de conservação pós colheita (BROOKER et al. 1989).

A maioria dos produtos agrícolas é colhida no ponto de maturação fisiológica, apresentam teores máximos de amido, proteínas, óleos e outros materiais de reserva e elevado teor de umidade. Sua atividade metabólica continua além da possibilidade de deterioração por fungos e insetos, por isso a remoção da água é necessária para a conservação durante o armazenamento. Outra vantagem da secagem é a redução do peso e volume do produto para seu armazenamento (PUZZI, 1986).

A secagem é o processo de eliminação do líquido de um produto por evaporação com transferência de calor e massa. O calor evapora a água do produto e este vapor é removido do produto a ser secado. A secagem pode ser feita utilizando-se condições naturais ou artificiais (FORTES & OKOS, 1980).

Os parâmetros que influenciam o processo de secagem são: a temperatura e umidade relativa do ambiente, a temperatura e fluxo do ar de secagem e o teor de umidade inicial e final do produto. A temperatura de secagem tem efeito na

qualidade do produto, e para ser determinada, deve-se conhecer a finalidade do produto, a umidade inicial, e o tipo de produto (LOPES FILHO, 1983).

Na figura 3 curvas de evolução do teor de água do produto (a), cinética de secagem (b) e evolução da temperatura do produto (c); descrevem fases do processo de secagem, que são divididas em zero, um e dois.

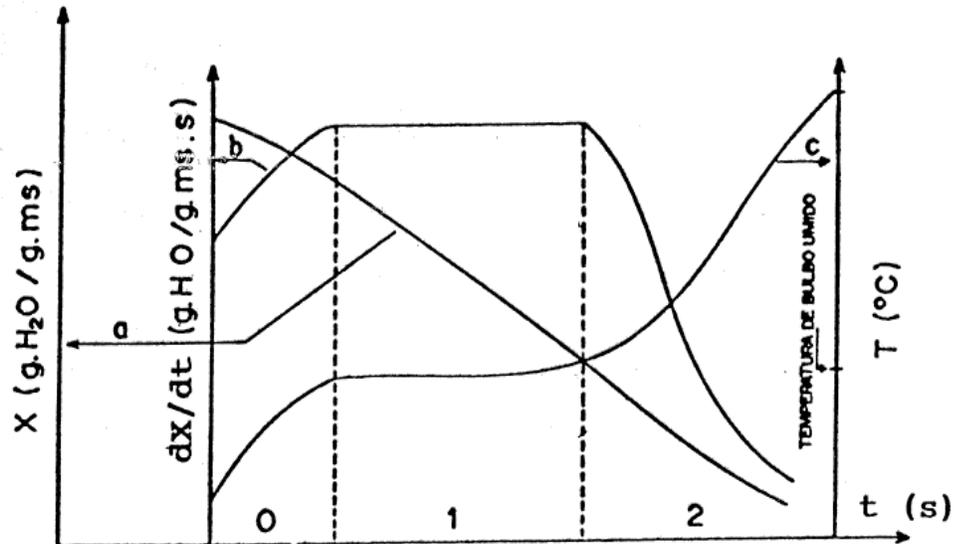


Figura 3: Curvas características de cinética de secagem. Fonte: CORNEJO (1987).

Quando um produto sólido é submetido à secagem ocorrerá simultaneamente transferência de calor e massa. Na figura 3 temos a evolução do tempo(t), o teor de água do produto (X), a temperatura do produto (T), a velocidade de secagem (dX/dt), para o ar com propriedades constantes.

Como podemos observar na curva (c), no início da secagem como em geral o produto está a uma temperatura mais baixa que o ar de secagem, ocorre aumento da temperatura, fase zero. A temperatura eleva-se até que a transferência de calor seja igual à energia necessária para evaporar a água (transferência de massa), fase 1, quando a quantidade de água livre é grande com pressão de vapor de água na superfície do produto constante e a temperatura igual a temperatura de bulbo úmido. Este período permanece enquanto a migração de água do interior do produto for

suficiente para compensar a perda por evaporação na superfície. No início da fase 2 o produto atinge o conteúdo de umidade crítica, como a transferência de calor não é mais compensada pela transferência de massa, ocorre elevação da temperatura do produto que tende para a temperatura do ar. Neste período o fator limitante é a migração interna de água. A curva de cinética de secagem (b), que nas fases zero e um acompanhou a curva (c) sofre uma redução na fase 2. A umidade do material tende para a umidade de equilíbrio com o ar. A curva (a) descreve uma redução contínua do teor de água do produto nas fases zero, um e dois.

3.8. Umidade de equilíbrio

A umidade de equilíbrio é definida como sendo a razão entre a massa de água pela massa total (base úmida), de um determinado produto após ser submetido a uma condição de temperatura e umidade relativa constante. A palavra equilíbrio refere-se ao fato de não ocorrer uma mudança quantitativa no vapor de água com o ar que o envolve, ou seja, a quantidade que sai do produto é igual a que chega no produto, o que ocorre quando as pressões de vapor de água na superfície do produto e no ar são iguais. O conceito de equilíbrio não significa portanto, igualdade no conteúdo de água no produto e no ar (ROA & ROSSI, 1977).

No processo de secagem, quando o produto atinge esse valor em relação ao ar de secagem o processo é encerrado. Se um produto for secado até um conteúdo de umidade menor que aquela umidade de quando está em equilíbrio com o ambiente, este tenderá ao equilíbrio na armazenagem ou processamento, respeitada a curva de histerese característica do produto (CHEN, 1971).

Para o estudo da umidade de equilíbrio de um produto que se deseja trabalhar deve-se determinar a umidade de equilíbrio para várias condições de umidade relativa e de temperatura.

Utilizam-se soluções salinas saturadas ou soluções com ácido sulfúrico em recipientes herméticos, obtém-se, dentro dos recipientes, as condições de umidade

relativa desejadas, a uma determinada temperatura (porque a temperatura muda a pressão de vapor). Coloca-se o produto nessas condições conhecendo-se a umidade inicial e após o equilíbrio determina-se a umidade final do produto (GREENSPAN, 1976).

Higroscopicidade é a relação entre a água e os outros componentes de um produto, conceito amplamente utilizado como uma propriedade importante para os processos de secagem e armazenamento de materiais biológicos (LABUZA, 1986).

Uma isoterma de sorção é obtida quando se plota o conteúdo de umidade de equilíbrio em função da umidade relativa ou atividade de água de um material, a uma dada temperatura. Esta isoterma pode ser de adsorção quando o material seco é colocado em várias atmosferas com incremento de umidade relativa onde é medido o aumento de peso devido ao ganho de água; ou isoterma de dessorção quando o material úmido é colocado sob as mesmas condições de ambiente criadas para a adsorção, sendo medida a diminuição de peso pela perda de água (LABUZA, 1986).

O produto é estudado quanto ao seu comportamento determinando-se curvas teóricas e experimentais e na prática pode-se determinar a umidade final para se proceder a secagem, uma vez que se secarmos mais do que o valor de equilíbrio para as condições de armazenamento, o produto ganhará água até que atinja o equilíbrio de umidade e terá havido um gasto de energia desnecessário durante a secagem. Por outro lado, se a secagem for interrompida antes da umidade ideal para o produto, podem ocorrer danos devido o excesso de umidade.

Uma equação empírica para ajuste de isotermas de sorção de frutas e alguns produtos correlatos com alto teor de açúcar, relacionando o conteúdo de água sorvida e a atividade de água foi proposta por IGLESIAS & CHIRIFE (1978), cuja validade está na faixa de atividade de água de 0,10 a 0,80. Foi verificado que a equação descreve o conteúdo de umidade de equilíbrio para banana, beterraba, toranja, pêssigo, abacaxi e morango. Apresentaram também um trabalho de revisão com várias equações para ajuste de isotermas de sorção de alimentos

discutindo suas origens, faixas de aplicação, tipos de alimentos utilizados e atividades de água.

VAN DEN BERG (1984), introduziu o modelo GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) que tem sido largamente empregado para padronizar a descrição e comparação de isotermas de alimentos em laboratórios na Europa Ocidental.

LOMAURO et al. (1985), verificaram que a equação de GAB pode representar com grande precisão mais que 50% das isotermas de frutas, hortaliças e carnes quando comparadas com equações de dois parâmetros.

Para o cálculo das isotermas foram testados alguns modelos: BET, GAB, HALSEY, LANGMUIR, OSWIN, PELEG, CHUNG e HENDERSON por FIGUEIRA et al. (1999).

O modelo de isoterma de GAB, que melhor se adaptou é o descrito abaixo:

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

onde X = teor de umidade
a_w = atividade da água
C e K = constantes

O critério utilizado para verificar o melhor modelo foi o erro relativo médio determinado pela equação abaixo:

$$E = \frac{100}{n_e} \sum \frac{|V_E - V_P|}{V_E}$$

Onde: VE = valor experimental; VP = valor previsto; ne = numero de dados experimentais.

3.9. Metodologia analítica

A análise de carboidratos e açúcares, pode ser feita por diversos métodos cromatográficos e por refratometria. Para uma estimativa rápida utiliza-se o valor de brix que dá uma idéia dos açúcares totais (refratometria) WAES et al. (1998).

A CLAE foi o método escolhido para análise de inulina e utilizado neste trabalho foi testado anteriormente durante a execução de um projeto “Desenvolvimento de processos de produção e recuperação de oligometros de frutose por métodos não convencionais” onde foi iniciado o estudo de produção de *C. intybus* nas condições do local deste experimento para fornecimento de matéria prima para o estudo citado, mostrando-se eficiente e rápido podendo ser realizado em grande quantidade de amostras.

A eficiência da coluna na separação e a alta concentração de inulina na amostra, garante alta confiabilidade mesmo usando-se CLAE com um detetor universal como o índice de refração (COLLINS et al. 1990).

WAES et al. (1998), estudaram a relação entre o valor de brix, numa determinação rápida, análise por CLAE, após hidrólise para utilizar a razão frutose/glicose, e o uso de CLAE com detetor de pulso amperométrico, na determinação do comprimento médio da cadeia de inulina. Os resultados mostraram boa estimativa do açúcar total pelo valor brix, assim como boa determinação do comprimento médio da cadeia de frutanos utilizando-se a razão frutose/glicose.

Recentemente, na literatura, é citado para uso por melhoristas, a metodologia utilizando CLAE com detetor de pulso amperométrico. Tal detetor separa a inulina de diferentes pesos moleculares, o que é importante no nível de processamento e para direcionar o melhoramento genético, em função da quantidade de determinada qualidade de inulina (KOCH et al. 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Locais dos experimentos

Os experimentos de cultivo foram desenvolvidos no campo experimental do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas Biológicas e Agrícolas (CPQBA) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) localizado no município de Paulínia , estado de São Paulo, lat. sul 22^o48min., 47^o07min long. oeste, 669 alt., solo tipo latossolo vermelho escuro argiloso. Os dados climáticos do local durante o período dos ensaios foram registrados.

As raízes foram preparadas em um picador de legumes no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL/Campinas SP). As extrações e análises foram realizadas nos laboratórios do CPQBA.

A secagem e a umidade de equilíbrio foram realizadas no laboratório de secagem da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Unicamp.

O armazenamento das raízes foi feito no CPQBA em câmara fria e em quarto com exaustão a temperatura ambiente, com registro de temperatura e umidade relativa nos dois ambientes.

4.2. Material

Espécie

Foram utilizadas sementes da espécie *Chicorium intybus* var. Fredônia obtidas através de contato com a empresa produtora de sementes SAREA , da Áustria (STEINMAYR, 1996).

Preliminarmente foram comparadas três variedades, Cassel, Orchies e Fredônia; todas desenvolvidas para produção de inulina e devido a características de tamanho e formato da raiz, a variedade Fredônia foi a escolhida (figura 4). As outras duas eram menores e ramificadas, apresentando problemas de impurezas (terra) durante a colheita.

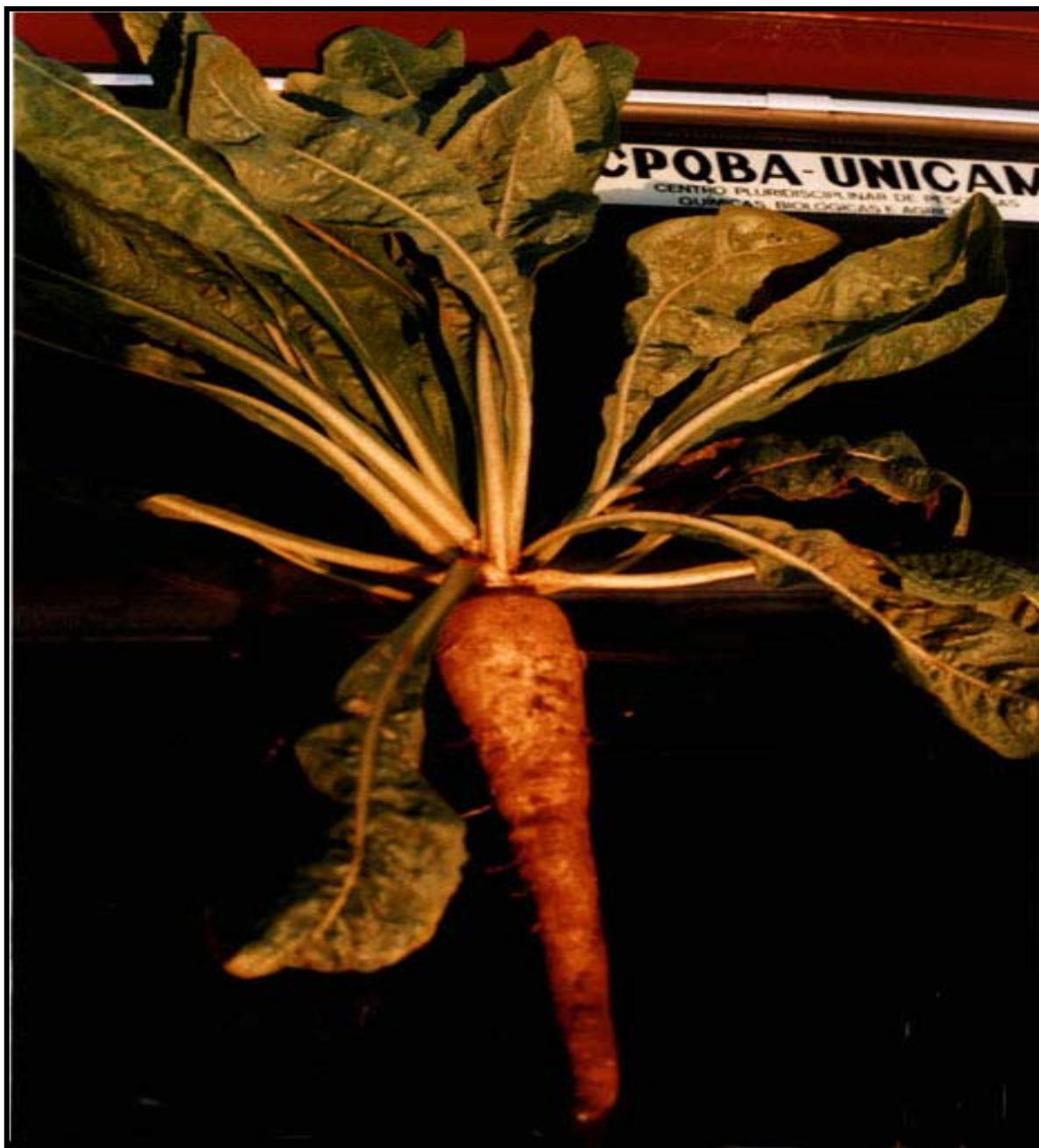


Figura 4: Exemplo de uma planta produzida no campo experimental do CPQBA.

4.3. Métodos

4.3.1. Preparo das mudas

As sementes foram semeadas em tubetes plásticos utilizando substrato orgânico e formadas em viveiro de sombrite com irrigação por aspersão. As semeaduras foram em agosto para o plantio da primavera e em fevereiro para o plantio de outono. Após aproximadamente 35 dias as mudas foram transplantadas para os experimentos de campo, no CPQBA.

Como o produto de interesse é a raiz tuberosa, pode-se preparar o local para plantio em canteiros; porém, experimentos realizados na Holanda comparando-se o cultivo em canteiros e terreno plano demonstraram não haver diferença na produção entre os dois tipos de plantio, (WESTERDIJK, 1996).

A opção de transplante de mudas e não semeadura direta foi devido a alguns fatores como: característica argilosa do solo onde foi conduzido o experimento; a falta de equipamento apropriado para a semeadura; e a dificuldade para o controle de plantas daninhas.

Dentre os quatro métodos de plantio testados na Holanda, (semeadura direta com e sem cobertura plástica para proteção do frio e transplante de mudas com e sem cobertura das mudas com plástico) a melhor produção final foi obtida para o cultivo à partir de mudas cobertas com plástico no início.

As épocas de plantio testadas no CPQBA foram: plantio longo de outono sendo cultivada durante todo outono, inverno e primavera, com irrigação quando necessário, e plantio curto de primavera e início de verão onde a excessiva umidade do solo e o florescimento limitaram o tempo do cultivo.

4.3.2. Preparo da área para plantio

O solo foi preparado com aração e subsolagem pois se tratava de solo argiloso e precisava de bom preparo para não prejudicar o bom desenvolvimento das raízes. Foi coletada amostra do solo para análise química.

4.3.3. Espaçamento

O experimento de espaçamento testou os plantios a 0,5m entre linhas e 0,5m e 0,25m entre plantas, isto é 40000 e 80000 plantas por hectare. O tamanho da parcela utilizado foi de aproximadamente 12m².

4.3.4. Adubação

No experimento de adubação foram comparadas as produções sem adubação e com adubação básica de NPK (120-100-200)kg/ha conforme recomendação do catálogo da firma de sementes (STEINMAYR, 1996), utilizando-se os adubos comerciais: super simples, como fonte de fósforo, cloreto de potássio como fonte de potássio e nitrato de amônio como fonte de nitrogênio. A análise de solo da área foi realizada para o controle das condições de fertilidade, e é apresentada na tabela 1 abaixo. A adubação foi feita no momento do transplântio das mudas para o campo. Cada tratamento constou de 4 repetições, em blocos ao acaso.

Tabela 1: Composição química inicial do solo no local do ensaio, no CPQBA.

M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	SB	H ⁺⁺ Al ³⁺	CTC	V
30	5,1	34	4,2	37	17	58,2	34	92,2	63

M.O. (g/dm³)– matéria orgânica; pH – em solução CaCl₂; P(mg/dm³); K, Ca, Mg, H⁺⁺Al³⁺ - acidez potencial, SB - soma de bases e CTC - capacidade de troca de cations (mmol/dm³); V% - saturação de bases: (SB/CTC) x 100. (Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Instituto Agrônômico de Campinas, Brasil).

Para receber a recomendação foi informado que a espécie cultivada seria o almeirão, e a recomendação do IAC para NPK foi de (100-100-100)kg/ha porém

manteve-se o uso da recomendação do fornecedor da semente pois esta variedade é para produção de raiz e o almeirão cultivado trata-se de uma hortaliça para produção de folhas de ciclo menor que o cultivo para produção de raiz.

Trabalhos da literatura citam a cultura como pouco exigente chegando a verificar efeito negativo de adubação nitrogenada.

4.3.5. Ponto de colheita

Para o estudo do ponto de colheita foram escolhidas as condições de espaçamento menor e sem adubação por se aproximar do que é praticado nos países onde é cultivada. Cabe ainda observar que este estudo não pode ser aplicado para o cultivo de primavera devido ao florescimento precoce.

Um plantio experimental foi conduzido no espaçamento 0,5mx0,25m e sem adubação com o objetivo de se determinar o ponto de colheita.

No cultivo de outono, o ponto de colheita foi determinado por análises de teor de inulina mensalmente a partir de 180 dias de cultivo até o florescimento. No cultivo de primavera, a colheita foi determinada pelo início do florescimento pois se trata de uma planta fotoperiódica que floresce com o aumento do comprimento do dia.

4.3.6. Tratos culturais

Foram realizadas capinas manuais das plantas daninhas e acompanhamento das condições climáticas do local, temperatura e pluviosidade, como critérios para determinação da necessidade de irrigação dos experimentos.

4.3.7. Épocas de cultivo

Os plantios foram feitos à partir do transplante de mudas produzidas em viveiro. Foram realizados quatro plantios em duas épocas do ano. No plantio chamado de outono, as mudas foram preparadas em janeiro/fevereiro e o transplante em fevereiro/março. O cultivo no campo foi durante o outono, inverno e primavera; sendo amostradas e analisadas quanto ao teor de inulina.

No plantio de primavera as mudas foram produzidas em agosto/setembro e o transplante em setembro/outubro. O tempo de cultivo no caso deste plantio foi bem menor devido ao florescimento ocorrido no verão e também a quantidade de chuvas da época. Neste plantio, a colheita foi realizada em janeiro/fevereiro permanecendo a cultura por apenas 150 dias.

4.3.8. Colheita e preparo da amostra

Foram avaliadas a produção de raiz (peso do material fresco) e o teor de inulina. As análises para caracterização dos teores de inulina foram realizadas conforme a metodologia analítica descrita adiante.

A colheita foi manual com o uso de enxadão sendo realizada uma lavagem nas raízes para a remoção da terra. As raízes foram cortadas (figura 5) em um picador de legumes marca Urschel laboratories mod. RA nº série 315 no ITAL, em cubos de 0,015mx0,015mx0,015m, para melhor homogeneização das amostras.



Figura 5. Aspecto das raízes após picadas no picador de legumes do ITAL.

4.3.9. Armazenamento

Para o estudo do armazenamento também foram escolhidas as condições de espaçamento menor e sem adubação por se aproximar do que é praticado nos países onde a *C. intybus* é cultivada.

O armazenamento foi conduzido em duas condições, ambiente e câmara fria a 5°C, e as raízes foram acondicionadas em sacos de plástico e nylon trançado. As raízes foram amostradas para análise, quinzenalmente.

4.3.10. Inativação enzimática

Devido a nossas condições climáticas é muito difícil o armazenamento das raízes em condições naturais, pois a temperatura elevada pode levar à fermentação,

apodrecimento e brotação. Como o armazenamento em câmaras especiais pode ter custo elevado, além da ocupação de grande volume, foi estudada a inativação de enzimas que degradam a inulina e também a secagem da raiz para seu armazenamento.

A inativação foi feita com água quente, em banho-maria utilizando-se o planejamento fatorial como uma ferramenta estatística, para minimizar a quantidade de experimentos necessários para obtenção de informações sobre o comportamento durante a secagem.

Para aplicar esta metodologia foram feitos testes preliminares e definido o ponto central para a programação dos experimentos. Este planejamento consistiu na seleção de dois níveis para as variáveis temperatura e tempo necessários para a inativação com um ponto central (60°C por 10min.) e execução de experimentos com as combinações possíveis, como mostrado na tabela 2.

Tabela 2: Ensaio para a determinação de tempo e temperatura ótimos para inativação da inulinase da raiz de *C. intybus* L.

Experimento	Temperatura °C	Tempo min.	Temperatura °C	Tempo min.
1	-1	+1	50	15
2	-1	-1	50	5
3	+1	+1	70	15
4	+1	-1	70	5
5	0	1,41	60	17
6	0	-1,41	60	3
7	1,41	0	74	10
8	-1,41	0	46	10
9	0	0	60	10
10	0	0	60	10
11	0	0	60	10

Para aplicar esta metodologia deve-se escolher as variáveis e selecionar o número de níveis para cada variável (independente). O planejamento fatorial de dois níveis é de grande utilidade em investigações preliminares, quando se deseja verificar se há ou não influência das variáveis escolhidas à resposta desejada. Pode-se obter com o emprego deste planejamento uma equação e o gráfico de superfície de resposta. Utilizando-se o planejamento estrela, obtém-se uma distribuição octogonal, para o ajuste de modelos quadráticos que descrevem a superfície e localizam a região de resposta máxima (esquema utilizado para o planejamento estrela, onde 0 = ao ponto central, -1 e +1= os pontos inferior e superior, $2^{1/2}$ e $-2^{1/2}$ = os pontos calculados).

4.3.11. Secagem

O estudo da secagem foi realizado após a definição da temperatura e do tempo para a inativação enzimática, comparando-se três temperaturas de secagem, com e sem a inativação.

As temperaturas testadas foram 60, 70 e 80°C, com determinação de curva de secagem para cada tratamento e acompanhamento da temperatura real do experimento.

O secador (figura 6) utilizado foi o de colunas, do laboratório de secagem da Feagri, com o acompanhamento do peso para a determinação da curva de secagem.

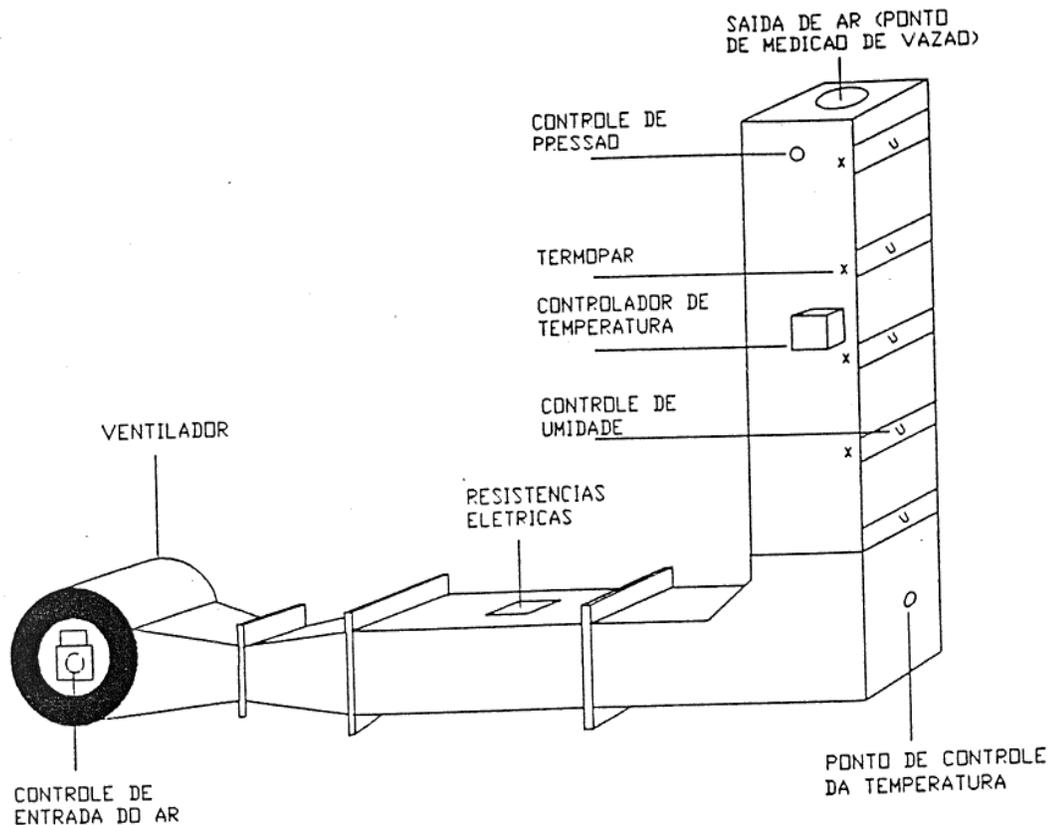


Figura 6: Esquema do secador com uma coluna de secagem.

O sistema era composto por ventilador, aquecedor e dutos. O acompanhamento da secagem foi realizado de 30 em 30 minutos durante o período da secagem. A temperatura do ar de secagem foi controlada no plenum do secador. O fluxo de ar, para fornecer a velocidade de aproximadamente 1m/s foi controlado na entrada de ar no ventilador, por um dispositivo de madeira tipo comporta e sua velocidade obtida através de um anemômetro com leitura digital na saída do ar do secador, a qual estava adequadamente ajustada ao diâmetro do anemômetro e corresponde a uma velocidade real na bandeja (0,22mx0,22mx0,03m) de 0,75m/s.

O material foi estudado quanto a sua secagem, em diferentes condições a saber:

Tratamento térmico 1: corte, secagem a 60, 70 e 80°C

Tratamento térmico 2: corte, banho a 60°C para inativação de enzima por 10 minutos e secagem a 60, 70 e 80°C. Os seis tratamentos foram amostrados e analisados quanto ao teor de inulina.

4.3.12. Umidade de equilíbrio

Para obtenção das isotermas das raízes de *C. intybus* L. foi utilizado o método gravimétrico estático, empregando-se soluções saturadas de sais fornecendo as umidades relativas, conforme tabela 3.

Tabela 3: Sais utilizados para obtenção das respectivas umidade relativas abaixo relacionadas.

Sal	Umidade relativa %	Sal	Umidade relativa %
LiBr	±5,3	NaBr	±50
LiCl	±10,5	KI	±62
KF	± 20,5	NaCl	±74
MgCl ₂	±28	KCl	±80

Foram utilizados dessecadores de vidro para constituir o ambiente controlado, aos quais foram colocadas as soluções saturadas. Três baterias de dessecadores foram instaladas, em estufas de circulação mecânica FANEM modelo 320 – SE, reguladas nas temperaturas desejadas. Os dessecadores permaneceram à temperaturas constantes de 60, 70 e 80°C.

As amostras foram acondicionadas em cadinhos metálicos. No interior de cada dessecador foram colocados seis cadinhos com aproximadamente 2,000g em cada um, distribuídos de maneira aleatória, entre as soluções salinas.

Os cadinhos foram pesados em uma balança digital MARTE A 200, com precisão de 0,001g. A variação da perda ou o ganho de peso, foi controlada

através de pesagens semanais, até atingir o equilíbrio (peso constante), e posteriormente determinada a umidade em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.

Com estes dados de umidade foi construída a curva de umidade de equilíbrio em função da umidade relativa.

As estufas utilizadas foram as do laboratório de secagem da Feagri.

4.3.13. Extração e análise

Após serem picadas e homogeneizadas 100g de raiz fresca foi pesada e adicionado 200ml de água para autoclavagem a 120°C , 1atm, por 20 minutos e filtração. A amostra foi mantida congelada até a análise.

A amostra foi descongelada, centrifugada, filtrada e diluída em água deionizada (1:40) para ser analisada.

As condições de análise da inulina por CLAE estabelecidas foram: cromatógrafo Watters, coluna - Aminex HPX-87C (250 X 4,0mm); detetor - Índice de Refração Watters modelo 410; eluente água; vazão - 0,3ml/min; volume injetado - 20,0 μl ; temperatura - coluna = 80°C e detetor = 40°C .

Para preparação do padrão de Inulina Fluka (BioChemika 57614), foi pesada uma massa de 50mg ($\pm 0,1\text{mg}$) diluindo-se a 25ml com água destilada, obtendo-se a solução (1) de 2,0g/l. A partir dessa solução foram preparadas por diluição as soluções (2) 1,0g/l (5,0ml de (1) diluído a 10ml com água destilada) e (3) 0,5g/l (2,5ml (1) diluído a 10ml com água destilada).

O conjunto de equipamentos utilizado foi primeiramente ligado e as condições estabelecidas, temperatura e fluxo e estabilizado.

Os padrões preparados foram injetados para se construir a curva padrão e durante as injeções das amostras, os padrões foram injetados periodicamente para acompanhar a repetibilidade dos resultados.

Os três cromatogramas (figura 7) dos padrões, estão em ordem crescente de concentração 0,5g/l, 1,0g/l e 2,0g/l.

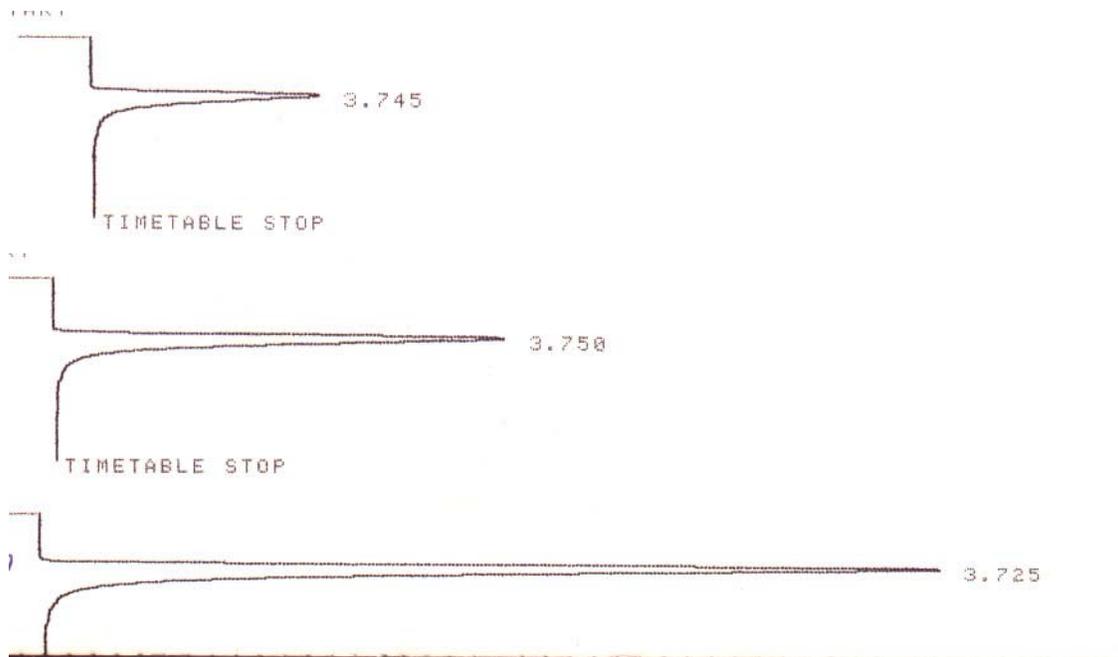
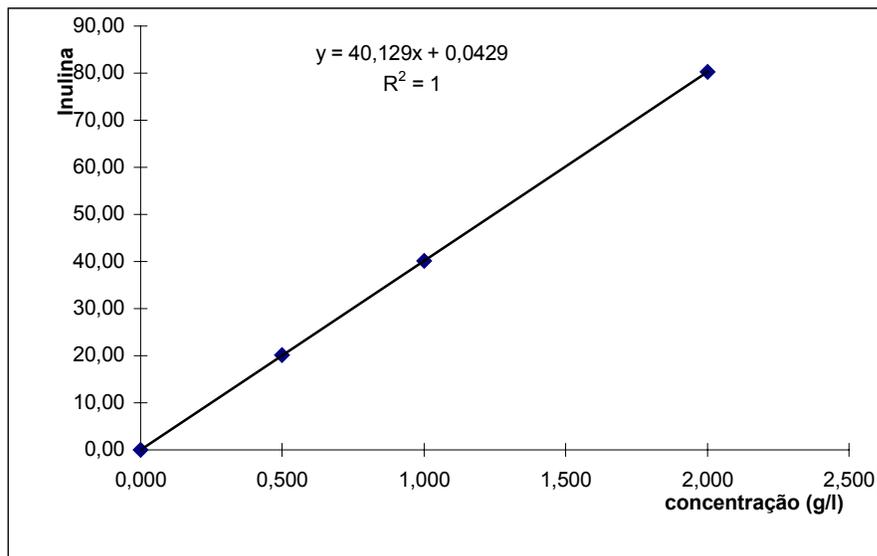


Figura 7: Cromatogramas do padrão de inulina em diferentes concentrações.

O pico do padrão de inulina ocorre com o tempo de 3,75 min aproximadamente, sendo as áreas correspondentes as concentrações de 0,5; 1,0 e 2,0g/l utilizadas para a construção de uma curva padrão (figura 8).



Concentração (g/l)	Inulina (área)
0,000	0,000000
0,500	20,181744
1,000	40,145664
2,000	80,294784

Figura 8: Exemplo de uma curva padrão de inulina, concentrações e áreas correspondentes.

Utilizando-se a equação determinada pela curva padrão calculou-se a concentração de inulina nas amostras.

4.3.13. Análise estatística

O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os experimentos foram realizados em duas épocas do ano e por dois anos. Foram

analisados os parâmetros produtividade de raiz e teor de inulina. Para os ensaios de armazenamento, inativação e secagem, somente foi analisado o teor de inulina.

As análises estatísticas foram realizadas através da análise de variância e teste Fisher' LSD (YANDELL, 1997) para comparação de médias em nível de 5% de significância. Para as análises foi utilizado o programa estatístico SPLUS 4.5 (MATHSOFT, 1997).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Considerações gerais

Embora seja uma variedade que não é cultivada no país, não é totalmente desconhecida pois a variedade para produção de folhas, o almeirão, é uma hortaliça comum em nossas condições, com florescimento e produção de sementes.

Não ocorreram problemas no estabelecimento dos quatro cultivos (figura 9 é de um dos cultivos no campo experimental do CPQBA) assim como não foram observados problemas de pragas e doenças.



Figura 9: Vista geral do plantio de *C. intybus* em julho de 1998 no campo experimental .

A apresentação dos resultados, análises e discussões estão feitas de acordo com os objetivos definidos.

5.2. Metodologia analítica

Durante todo o período em que as amostras (figura 10) foram analisadas, os padrões (figura 7) eram injetados periodicamente para acompanhar a repetibilidade dos resultados, que se mostrou adequada.

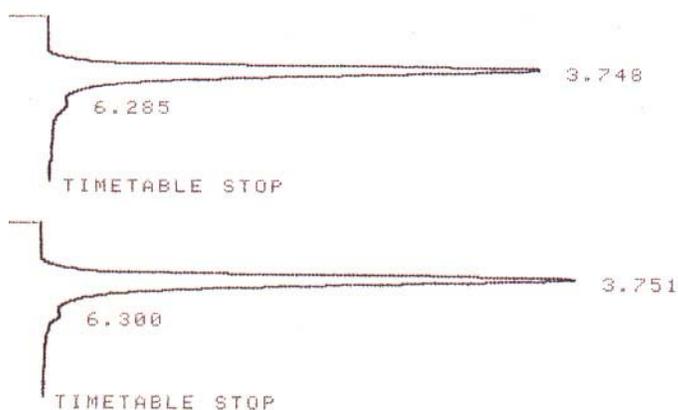


Figura 10: Cromatograma de amostras de extrato de raiz de *C. intybus*.

Como mostrado anteriormente no cromatograma dos padrões, o tempo de retenção era de 3,75min.; como pode ser observado também para as amostras exemplificadas acima.

Como discutido na revisão de literatura, existem diferentes métodos para quantificar carboidratos. O uso dos diferentes métodos varia com o objetivo a ser atingido bem como a disponibilidade de equipamento.

A análise por CLAE com detector de índice refração foi eficiente por fornecer resultados com rapidez possibilitando realizar um número grande de amostras.

A CLAE é uma técnica que possibilita obtenção de resultados com alta repetibilidade e confiabilidade (erros < 0,5%). A metodologia utilizada forneceu os resultados necessários para a comparação dos diversos ensaios.

5.3. Épocas de cultivo

As condições climáticas durante os ensaios foram registradas e estão na tabela 4.

Tabela 4: Médias das temperaturas mínimas, máximas e soma das chuvas registradas no local dos ensaios nos meses de julho de 96 a dezembro 98.

Meses			T°C min média mínimas			T°C máx média máximas			ΣChuvas mm		
96	97	98	96	97	98	96	97	98	96	97	98
	Jan.	Jan.		20,5	20,3		31,3	31,2		348,6	174,5
	Fev.	Fev.		20,2	20,3		30,6	30,1		157,1	162,1
	Mar	Mar		19,4	19,6		29,6	30,7		63,0	292,1
	Abr.	Abr.		17,0	15,8		27,2	27,9		38,5	52,5
	Maio	Maio		14,1	13,9		24,9	24,3		73,0	77,0
	Jun.	Jun.		12,7	13,1		24,9	23,6		121,3	54,0
Jul.	Jul.	Jul.	10,7	9,6	9,5	24,1	23,6	25,0	17,0	25,0	9,0
Ago.	Ago.	Ago.	12,5	13,4	13,6	27,2	27,3	27,5	39,0	16,0	12,5
Set.	Set.	Set.	15,1	15,4	15,7	25,6	26,1	27,3	154,4	74,7	82,0
Out.	Out.	Out.	17,0	17,3	17,3	28,3	28,5	26,6	160,0	140,0	136,6
Nov.	Nov.	Nov.	18,5	18,4	17,2	28,1	27,8	29,3	168,0	160,0	49,5
Dez.	Dez.	Dez.	20,2	20,5	20,9	29,5	29,8	29,4	150,0	286,0	327,5

As temperaturas médias não tiveram alterações significativas durante os mesmos períodos, porém quanto a quantidade de chuvas, ocorreram variações importantes. Como se tratava de produção de raízes, a época da estação chuvosa influenciou a época de colheita. Os resultados obtidos estão na tabela 5.

Tabela 5: Resultado dos parâmetros medidos: produtividade média e teor de inulina nos quatro experimentos de plantio.

Época do cultivo	Produtividade média das parcelas (kg/m ²)	Teor de Inulina (%)
Primavera 96 (115 dias)	1,23 d ⁽¹⁾	11,18 c ⁽¹⁾
Outono 97 (256 dias)	5,04 a	15,09 ab
Primavera 97 (153 dias)	2,72 c	15,40 a
Outono 98 (203 dias)	4,12 b	14,16 b

⁽¹⁾ Para cada variável, médias seguidas por letras iguais indicam não haver diferença significativa em nível de 0,05% de probabilidade pelo teste de Fisher.

Embora os tempos de desenvolvimento das plantas no campo tenham sido distintos foi aplicado teste estatístico de significância.

Com o tipo de análise realizada, não foi avaliado o aspecto qualitativo da inulina, como citado na revisão de literatura. De fato, alguns trabalhos avaliam a distribuição do comprimento da cadeia e indicam o grau de polimerização médio (GP) pois na planta são produzidas cadeias com diferentes comprimentos, isto é, número de frutoses enquanto o nome inulina é utilizado para todo o conjunto de moléculas com diferentes comprimentos de cadeias.

Neste estudo, foi escolhida a variedade Fredônia, após ensaio preliminar comparativo entre três variedades, como citado anteriormente. Muitas variedades estão constantemente sendo avaliadas e melhoradas porém, para as condições

onde vem sendo cultivadas, hemisfério norte, condições tais que são muito diferentes das do hemisfério sul. O presente estudo é, portanto, um trabalho de aclimação da espécie *C. intybus* variedade Fredônia para o estabelecimento de um cultivo racional.

No primeiro cultivo (primavera de 1996) a colheita foi feita quando iniciou a emissão do pendão floral (5%).

A emissão do pendão floral, marca a mudança do estágio de desenvolvimento da planta, de vegetativo para reprodutivo. Esta mudança fisiologicamente significa um redirecionamento no esforço da planta para o acúmulo de reservas (inulina) nas raízes. O que pode ocorrer então é uma hidrólise das cadeias de inulina o que somente é avaliado quando se faz uma análise qualitativa onde se avalia o grau de polimerização das inulinas.

Estas afirmações são verdadeiras nas condições onde esta planta é cultivada, hemisfério norte, pois foram realizados experimentos para comprovar esta mudança.

No nosso caso, os resultados obtidos demonstraram que foi uma colheita precoce, tanto com relação a produtividade como quanto ao teor de inulina que ficou em 11,18%.

Na primavera de 1997 a colheita foi realizada aos 153 dias de cultivo, após a emissão do pendão floral em todo o plantio sem que o teor de inulina fosse afetado; ao contrário, foi significativamente igual aos plantios de outono e próximos de 15%. A produtividade média obtida foi maior que a produtividade média obtida na primavera de 1996, porém ficou abaixo das produtividades alcançadas nos cultivos de outono.

Este resultado é importante pois nas condições de temperatura e intensidade luminosa, em que ocorreu o cultivo, hemisfério sul, a intensidade fotossintética pode ter alterado o modelo de diminuição do teor de inulina devido a emissão do pendão, o que é demonstrado nos locais tradicionais de cultivo.

No cultivo de primavera pode-se proceder a colheita após a emissão do pendão floral, quando se obtem teores de inulina maximizados. Neste caso, o que

ocorre é uma coincidência da época de colheita com a nossa estação chuvosa (fevereiro/março). Outro fator a ser considerado, porém não sendo um fator de impedimento uma vez que não seria a única cultura nessas condições, e que máquinas adaptadas poderiam realizar este trabalho. Foram encontrados problemas fitossanitários (fungos e bactérias patogênicas), quando a cultura permaneceu no campo durante o verão; porém, não foi um ataque generalizado e apenas algumas raízes apresentaram danos superficiais.

Nos países onde é cultivada, a colheita da *C. intybus* ocorre á partir dos 160 dias até 220 dias após o plantio. Depois deste período de maturidade e devido ao início das baixas temperaturas, o processo enzimático de despolimerização começa e a inulina é reduzida a frutose, (WESTERDIJK, 1996).

Em nossas condições é possível a realização de dois cultivos por ano porém os resultados serão diferentes.

A produtividade média em kg/m^2 foi aumentando quanto maior o tempo de cultivo, o que era esperado pois a planta passou mais tempo crescendo e acumulando reservas, embora tenha passado pelo inverno; porém, as baixas temperaturas não foram suficientemente baixas para prejudicar o desenvolvimento da planta.

Nos dois cultivos realizados no outono observou-se que uma produtividade média entre 4 e 5kg/m^2 e teores de inulina próximos a 15%, sem incidência de pragas e doenças, demonstrando a viabilidade técnica do desenvolvimento deste cultivo.

Com os dois plantios de outono realizados pode-se observar que o teor de inulina não variou significativamente quando o ciclo foi aumentado em 53 dias, significando maior tempo de ocupação de área de produção sem ganho significativo no teor de inulina. Levando-se em consideração a experiência de produção de cana de açúcar que é uma cultura para extração agro-industrial, onde os plantios são planejados em talhões, este modelo pode ser recomendado também para a cultura de *C. intybus*. Desta maneira o cultivo poderia ser programado com plantios em talhões durante os meses de outono, março, abril,

maio e junho e a colheita programada para setembro, outubro, novembro e dezembro com uma permanência média de 200 dias em cultivo.

5.4. Época de colheita

A avaliação da época de colheita vem complementar o estudo de épocas de plantio discutido anteriormente.

No cultivo de outono não ocorreu o florescimento precoce, isto é, pode-se acompanhar a colheita, analisando o teor de inulina a partir de 180 dias como é usual nos países onde é cultivada.

Como a sua colheita deve atender ao abastecimento de um processo de extração é importante a avaliação do teor durante o tempo de cultivo. Os resultados obtidos estão descritos nas figuras 11 e 12.

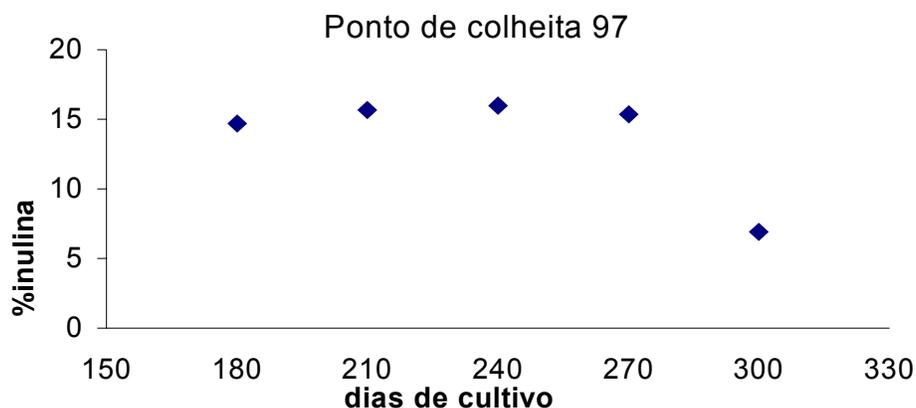


Figura 11: Avaliação mensal do teor de inulina por amostragem.

Como se observa na figura 11 a partir de 180 dias o teor de inulina já estava próximo dos 15% permanecendo nesta faixa até 270 dias aproximadamente. Aos 300 dias observou-se a emissão do pendão floral e uma queda do teor de inulina.

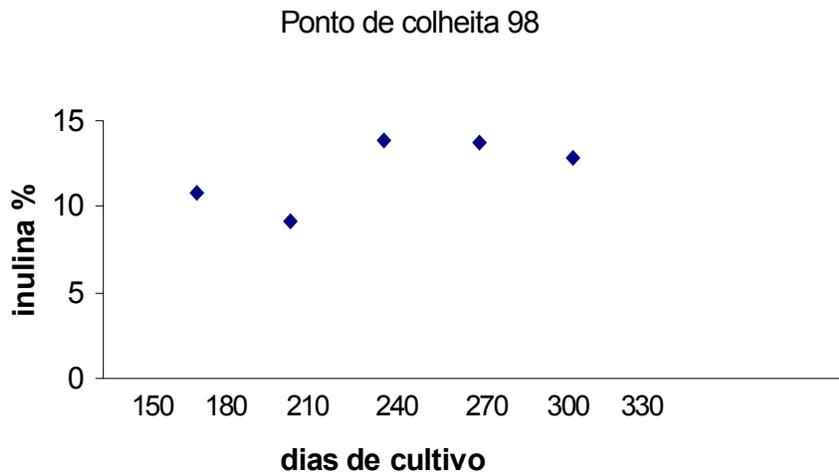


Figura 12: Avaliação mensal do teor de inulina por amostragem.

Os teores de inulina obtidos no cultivo de 98 foram inferiores somente atingindo valores próximos a 15% com 240 dias de cultivo aproximadamente.

As duas avaliações realizadas demonstram a importância de um acompanhamento dos teores de inulina para cada cultivo, como é feito para outras culturas das quais se extrai carboidratos, pois o acúmulo de inulina pode variar com as condições climáticas. Porém pode-se afirmar que os teores de inulina obtidos mostram que é viável a produção de *C. intybus* em nossas condições com mais de um cultivo por ano, dessa forma fornecendo matéria prima durante duas épocas do ano enquanto que nos países onde é produzida só ocorre um período de colheita e processamento. Quanto aos teores, as variedades atingem em média 17% em teor de inulina, nos locais tradicionais de cultivo. Os teores médios obtidos de 15%, sem a avaliação de uma variedade mais adaptada, demonstra o potencial de produção.

5.5. Densidade de plantio

O espaçamento entre linhas adotado foi de 0,5m, e entre plantas foram comparados os espaçamentos 0,5m e 0,25m. Avaliou-se a influência do espaçamento na produção de raízes e no teor de inulina. Os espaçamentos foram testados nas duas épocas de plantio e os resultados estão na tabela 6.

Tabela 6: Resultado dos parâmetros medidos: produtividade média e teor de inulina nas duas épocas de plantio, primavera (P) e outono (O) para duas densidades de plantio.

Espaçamento nas 2 épocas de plantio	Produtividade média das parcelas (kg/m ²)	Inulina média (%)
0,5 x 0,5 (P)	1,06 c ⁽¹⁾	13,06 a ⁽¹⁾
0,5 x 0,25 (P)	2,90 b	13,53 a
0,5 x 0,5 (O)	3,18 b	15,05 a
0,5 x 0,25 (O)	5,98 a	14,21 a

⁽¹⁾ Para cada variável, médias seguidas por letras iguais indicam não haver diferença significativa em nível de 0,05% de probabilidade pelo teste de Fisher.

Como observa-se o teor de inulina não variou significativamente entre os espaçamentos testados.

A produtividade média dobrou em todos os plantios quando se reduziu o espaçamento demonstrando que o desenvolvimento da planta não foi afetado pelo menor espaçamento, isto é, as plantas espaçadas a 0,25m desenvolveram-se tão bem quanto as espaçadas a 0,50m resultando no dobro em produção por área.

Nos países onde já é cultivada, o espaçamento para *C. intybus* é ainda menor entre plantas (0,10m) (WESTERDIJK, 1996), não podendo ser discutido aqui por não ter sido testado o mesmo espaçamento neste trabalho.

Na figura 13 estão apresentados os resultados obtidos de produtividade média por parcela (kg/m^2) e teor de inulina (%) para os plantios realizados na primavera de 1996 (P96), outono de 1997 (O97), primavera de 1997 (P97) e outono de 1998 (O98).

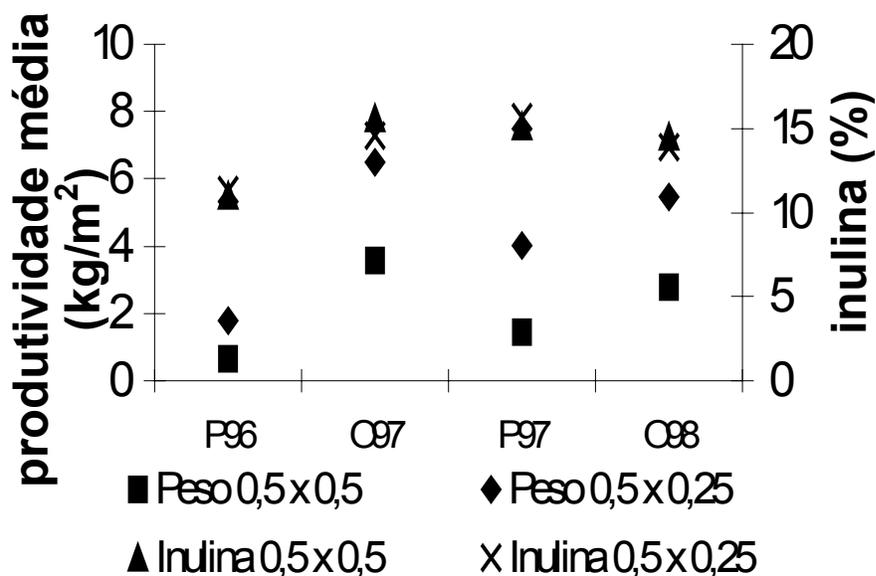


Figura 13: Produtividade média e teor de inulina em relação a densidade e épocas de plantio primavera 96 e 97 (P96 e P97), outono 97 e 98 (O97 e O98).

O teor de inulina não foi influenciado pelo adensamento de plantio demonstrando que a planta desenvolveu-se plenamente nas duas condições.

Como discutido anteriormente a produtividade foi calculada por área e a variação entre os cultivos ocorreu devido as diferenças em numero de dias de cultivo. A comparação dos espaçamentos evidenciou que o desenvolvimento das raízes foi adequado em ambos espaçamentos resultando em uma produção maior por área nos ensaios realizados com menor espaçamento.

5.6. Adubação

Como citado anteriormente, foram realizadas amostragens do solo no local dos ensaios. Os resultados a seguir demonstram uma boa fertilidade natural do local.

Nas duas épocas de plantio e nos dois espaçamentos testados foram comparados plantios com e sem adubação.

A adubação foi realizada na linha no momento do transplante das mudas. Os resultados obtidos estão na tabela 7.

Tabela 7: Resultado dos parâmetros medidos: produtividade média e teor de inulina nas duas épocas de plantio primavera (P) e outono (O), para os tratamentos com e sem adubação.

Adubação(kg/ha) nas duas épocas	Produtividade média das parcelas (kg/m ²)	Teor de Inulina médio (%)
Sem (P)	2,03 b ⁽¹⁾	13,24 a ⁽¹⁾
NPK 120-100-200 (P)	1,93 b	13,35 a
Sem (O)	4,25 a	14,55 a
NPK 120-100-200 (O)	4,91 a	14,71 a

⁽¹⁾ Para cada variável, médias seguidas por letras iguais indicam não haver diferença significativa em nível de 0,05% de probabilidade pelo teste de Fisher.

Durante o desenvolvimento dos cultivos não foram observados sintomas de deficiência nutricional e, como os resultados demonstram, não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem adubação.

As diferenças observadas entre os cultivos podem ser atribuídas ao tempo de cultivo e não ao efeito da adubação. Nos dois cultivos de outono quando o tempo

de cultivo foi maior, obteve-se um maior ganho de massa sem diferença significativa entre os tratamentos de adubação.

Na literatura existem trabalhos que constataam efeito negativo da adubação nitrogenada que estimulam o aparecimento de doenças bacterianas devido ao maior número de folhas e maior umidade, levando a condições mais favoráveis ao desenvolvimento de doenças, (WESTERDIJK, 1996).

Quanto a adubação potássica, (WESTERDIJK, 1996) descreveu um aumento de tamanho das raízes em safras tardias, quando adubadas. Existe uma consideração importante no que diz respeito ao processo de extração, onde são utilizados ions extratores cuja concentração de ions nas raízes pode afetar o processo, porém este aspecto não pode ser avaliado neste estudo.

Como citado anteriormente na revisão de literatura outros trabalhos demonstram a baixa exigência da cultura indicando a possibilidade deste cultivo em áreas de menor fertilidade natural.

5.7. Armazenamento

Durante o estudo de armazenamento das raízes em condições naturais do produto (raiz fresca) não foram levados em conta os custos de uma câmara fria bem como o gasto de energia para este armazenamento.

As condições de temperatura e umidade relativa dos ambientes de armazenamento estão na tabela 8.

Tabela 8: Temperatura e umidade relativa dos ambientes de armazenamento das raízes.

Armazenamento	Armazém	Câmara Fria
Período	Fev/98Mar/98	Fev/98 – Jun/98
T°C média	27°C	5°C
UR% média	75%	90%

Os resultados obtidos demonstraram que até 14 dias, os teores de inulina tanto nas amostras armazenadas a 5°C como a 27°C (temperatura média), permaneceram próximos ao teor obtido na amostra de raízes recém colhidas (figura 14). Porém, como já comentado anteriormente, devido ao tipo de análise realizada não se pode avaliar a inulina em termos qualitativos.

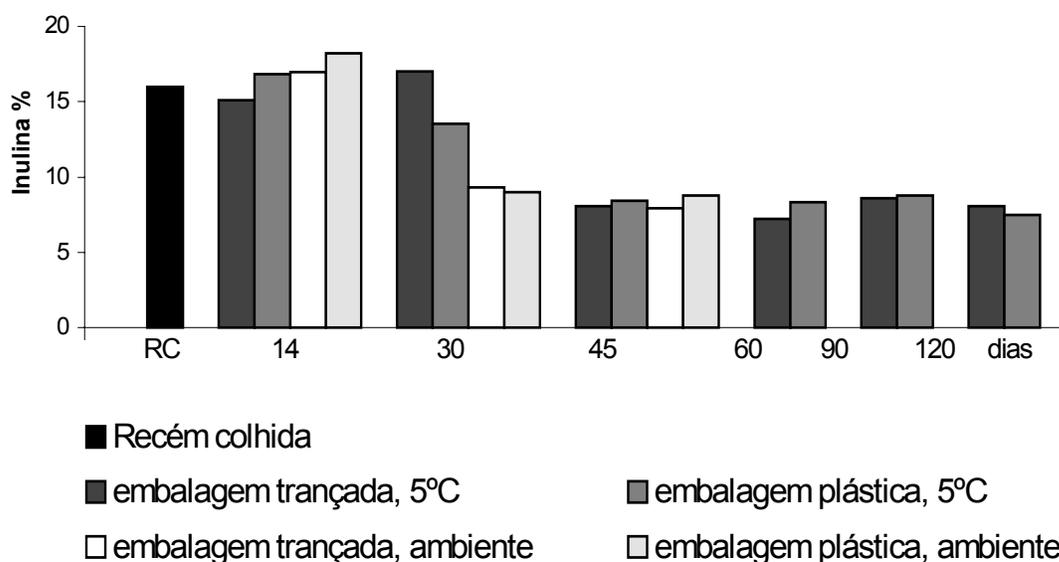


Figura 14: Teores de inulina após colheita e durante o armazenamento de raízes.

WESTERDIJK (1996) relatou as condições de armazenamento que são realizadas empilhando-se as raízes no campo pois as condições climáticas (baixas temperaturas) assim o permitem, observando-se temperaturas externas e internas ao monte formado e ficando-se atento à possibilidade de ocorrerem fermentações. As perdas em peso e teor de inulina relatadas foram de 8% após 35 dias, com menos de oito moléculas de frutose nas cadeias de inulina.

No nosso caso, aos trinta dias o teor de inulina já havia se reduzido drasticamente, comprometendo o uso da matéria-prima armazenada em condições ambiente, com fermentação do material nas duas embalagens estudadas.

Em câmara fria observou-se queda no teor de inulina que, a partir de 45 dias, estabilizando-se próximo a 7%.

Quanto as embalagens não houve diferença significativa entre as duas testadas, não podendo-se fazer comparações com outros locais de produção, pois no armazenamento descrito na Europa não se embalam as raízes.

Como foi discutido, em épocas de cultivo, o plantio programado em talhões poderia evitar gastos com armazenamento pois restariam somente 3 meses no ano sem produção que poderiam ser utilizados para manutenção da agroindústria como ocorre em cana de açúcar.

5.8. Inativação enzimática

Os experimentos utilizando água quente para inativação enzimática pré-secagem foram precedidos de testes utilizando-se vapor. Os testes com vapor não apresentaram resultados adequados e por isso não foram comparados aos tratamentos com água quente.

Os tratamentos foram conduzidos variando-se a temperatura da água e o tempo de contato da água com a raiz. A raiz foi seca a 60°C e amostrada em seguida para extração e análise.

A tabela 9, mostra a avaliação do desempenho do modelo, onde a porcentagem de variação explicada é dada por: $R^2 = SQ_R/SQ_T$ onde:

SQ_R = soma quadrática da regressão

SQ_T = soma quadrática total.

Para o modelo em estudo o valor de R^2 foi igual a 0,7361, o que significa que 73,61% das variações nos resultados obtidos podem ser explicados pelo modelo empírico (BRUNS, 1995). A equação 1, o modelo real obtido pela regressão e que

relaciona o teor em função da temperatura e tempo de inativação enzimática para estes dados. Para a escolha do tempo e da temperatura de inativação enzimática foi obtida uma curva de superfície de resposta quanto ao teor de inulina, que está representada na figura 15.

Tabela 9. Análise de variância (ANOVA)

Fonte de variação	S.Q	g.l.	M.Q.	R ²
Regressão	18,69918	p-1= 5	3,7398	0,7361
Resíduos	6,70227	n-p = 4	1,6756	
F. Ajuste	6,25102	m-p = 3	2,08367	
Erro puro	0,45125	n-m = 1	0,45125	
Total	25,40145	n-1 = 9	0,001973	

% de variação explicada : 73,61

Onde: p = nº de parâmetros do modelo (eq. 1)

n = nº de ensaios (total)

m = nº de ensaios distintos

Equação 1: **Teor** = 1,5109 + 1,1412(temperatura) - 0,01055(temperatura)² - 0,2019(tempo) - 0,3870(tempo)² + 0,01240(tempo)(temperatura)

Em geral observa-se o gráfico de superfície de resposta e a viabilidade técnica e econômica dos parâmetros avaliados para se definir os valores a serem utilizados. Esta equação não foi utilizada para se determinar os parâmetros.

Foram escolhidos os pontos 60°C (temperatura do banho) por 10 minutos como condições a serem seguidas nos ensaios de secagem com e sem inativação enzimática, por estarem localizadas na área central (coloração vermelha) significando maior teor de inulina. Porém o estudo de inativação enzimática pré-secagem não foi conclusivo, porém indicativo pela análise de variância.

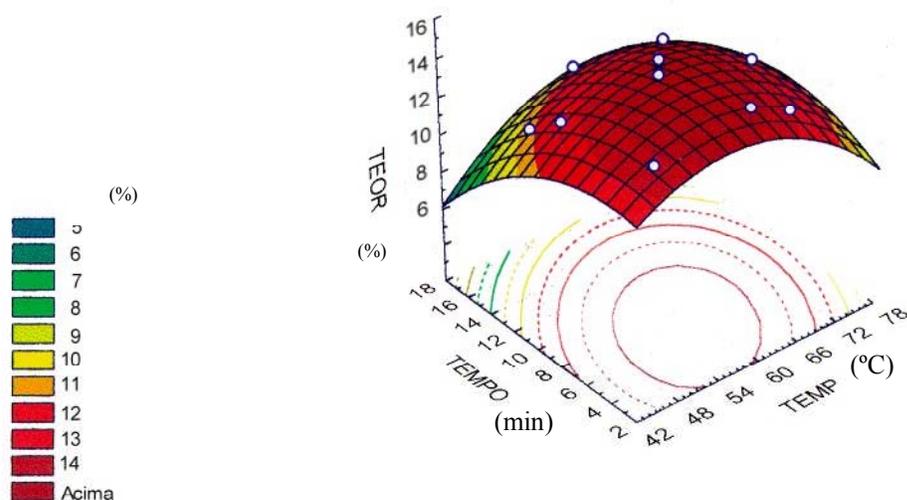


Figura 15: Teor de inulina em função da temperatura e tempo de inativação enzimática.

5.9. Secagem

O processo de secagem foi estudado para se avaliar a viabilidade de se preservar a matéria prima a longo prazo, em volume menor, sem perda do teor inicial de inulina.

As raízes apresentavam teor de umidade inicial de 75%, porém as amostras submetidas ao tratamento de inativação enzimática com água quente passaram a apresentar teor de umidade inicial de 85%.

Os resultados da figura 16 demonstram que o tempo de secagem foi de 4 horas quando a temperatura de secagem foi de 60°C, 3 horas quando a temperatura de secagem foi de 70°C e 2 horas quando a temperatura foi de 80°C. O teor de umidade final obtido foi de 4,5%.

Para cada temperatura testada foram colocadas no secador amostras de raízes picadas (te) e amostras de raízes picadas e inativadas (tr).

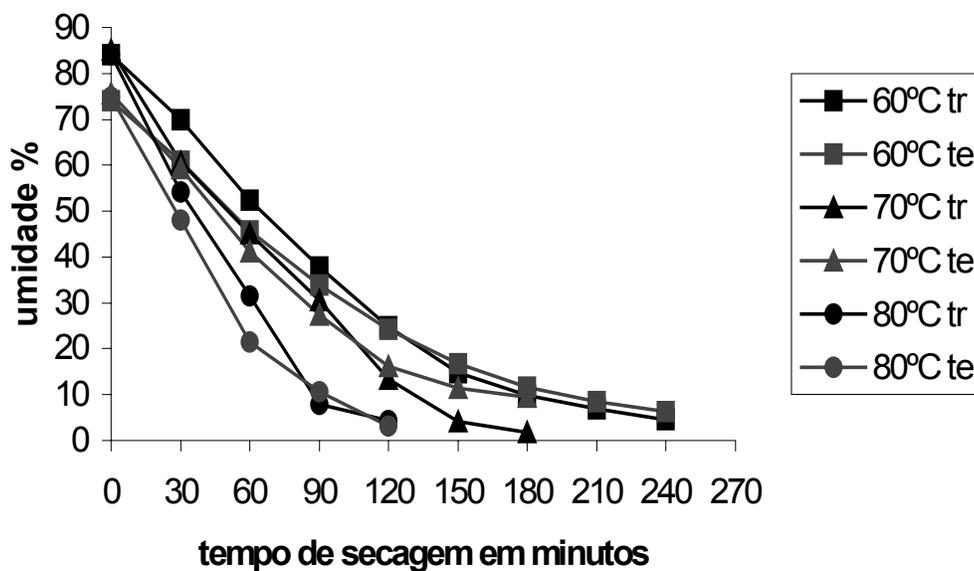


Figura 16: Curvas de secagem dos diversos tratamentos.

Após a secagem foram coletadas amostras e feita a extração para a determinação do teor de inulina, que não diferiu estatisticamente entre os tratamentos de inativação e secagem, e secagem a diferentes temperaturas, como demonstra a figura 17.

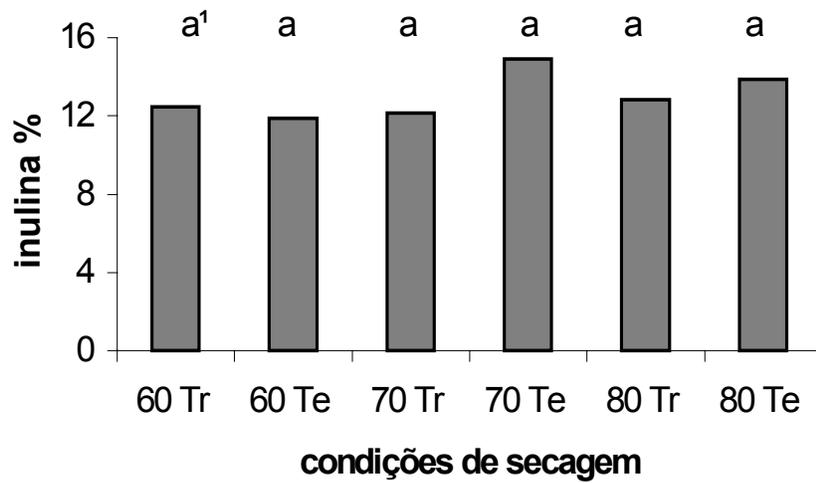


Figura 17: Teor de inulina em função das temperaturas de secagem com tratamento para inativação enzimática (Tr) e sem tratamento (Te).

¹ Para cada variável, letras iguais indicam não haver diferença significativa em nível de 0,05% de probabilidade pelo teste de Fisher.

Os resultados permitem uma flexibilidade operacional. Pode-se utilizar qualquer uma das temperaturas testadas sem a necessidade da inativação pré-secagem, pois este processo já é suficiente para interromper a degradação enzimática, quando houver necessidade de um armazenamento a longo prazo.

KOCH et al. (1999), compararam os processos de secagem a 60°C e liofilização verificando não haver diferença no teor de inulina e nem sobre o aspecto qualitativo (GP).

No processo de secagem a temperatura de 80°C foi a que levou menor tempo, podendo ser a recomendada.

5.10. Umidade de equilíbrio

Utilizando-se a metodologia descrita anteriormente, foram obtidos os parâmetros para cálculo das isotermas utilizando-se o modelo de GAB, que estão na tabela 10.

Tabela 10 : Parâmetros calculados para a obtenção das isotermas.

Modelo	Constantes	T = 60°C	T = 70°C	T = 80°C
GAB	K	0,64	0,82	0,68
	Xm	0,16	0,10	0,06
	C	16,12	19,20	33,94
	E (%)	7,48	5,94	5,60

Os resultados obtidos após a pesagem final e cálculo de umidade de equilíbrio observada para as diferentes umidades relativas testadas são comparados aos valores calculados no gráfico da figura 18.

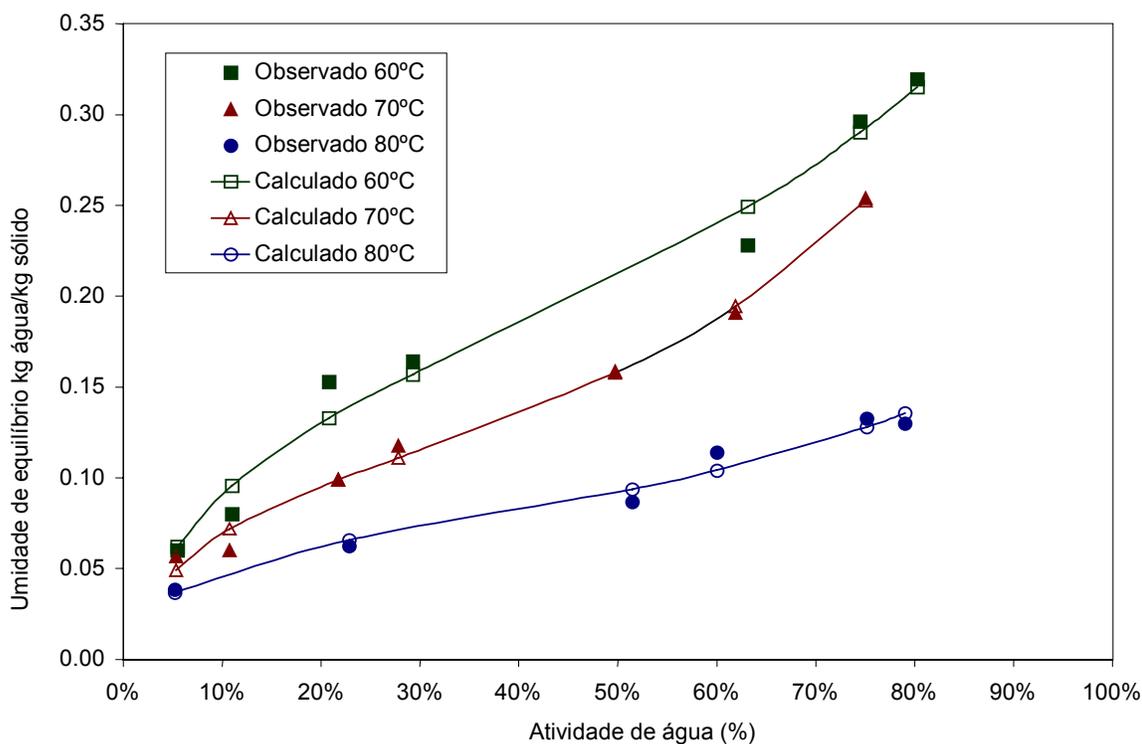


Figura 18: Curvas da umidade de equilíbrio para três temperaturas, observadas, e calculadas, pelo modelo de GAB.

As curvas calculadas pelo modelo de GAB, para as temperaturas de 60, 70 e 80°C, podem ser utilizadas para descrever a relação entre a umidade de equilíbrio e a atividade de água para as raízes de *C. intybus*.

A umidade de equilíbrio diminuiu com o aumento da temperatura para os mesmos valores de atividade de água.

Os valores de umidade de equilíbrio para uma determinada atividade de água pode indicar o valor aproximado do teor de umidade a que pode-se chegar no processo de secagem, quando se seca até peso constante (4,5%), porém um estudo para se determinar o teor de umidade apropriado para se chegar no processo de secagem não foi definido neste estudo.

6. CONCLUSÕES

Quanto a época de plantio, a *C. intybus* pode ser cultivada nas duas épocas estudadas, primavera e outono, atingindo o mesmo teor de inulina com produtividade maior no ciclo do outono, quando o tempo de cultivo é maior.

O espaçamento entre plantas recomendado pode ser de 0,50m x 0,25m pois o número de plantas por área será maior com maior produtividade por área.

Quanto a adubação, os dados experimentais confirmaram informações bibliográficas sobre a baixa exigência da cultura quanto a adubação.

O acompanhamento do teor de inulina é necessário durante cada cultivo pois ocorre variação durante o cultivo como também variação em cada época de cultivo.

O tempo máximo de armazenamento, conforme as condições de ambiente deste estudo, recomendado é de 30 dias; e em câmara fria de 45 dias. Após esses períodos o teor de inulina é afetado significativamente.

Não é necessária a inativação enzimática pré-secagem não ocorrendo diferença significativa nas temperaturas de secagem de 60, 70 e 80°C, podendo ser secada a 80°C por ter sido gasto o menor tempo.

O modelo de GAB pode ser utilizado para descrever a relação entre umidade de equilíbrio e umidade relativa para a raiz de *C. intybus*.

O estudo demonstra que é viável a implantação de cultivo de *C. intybus* para a variedade Fredonia nas condições estudadas para a produção de raízes e extração de inulina.

7. SUGESTÕES

Para se adotar o plantio em talhões recomenda-se realizar plantios e colheitas em diversos períodos para que a programação de plantios e colheitas possa ser melhor definida.

Uma redução do espaçamento na linha para um ganho na produção por área, pode ser testada porém, ficando-se atento ao desenvolvimento das raízes.

Recomenda-se fazer um acompanhamento do teor de inulina nos cultivos até se chegar a uma série de dados históricos que permita conhecer a variação dos níveis e qualidade da inulina.

Recomenda-se o estudo comparativo entre variedades para avaliação do desenvolvimento, do teor de inulina, da emissão de pendão floral, além de procurar a ocorrência de variedades locais para um programa de melhoramento visando explorar genótipos adaptados às novas condições de cultivo.

Deve-se avaliar a qualidade das sementes produzidas em condições locais, pois a espécie completa o ciclo reprodutivo e a semente pode ser produzida localmente.

Tendo em vista um plantio em larga escala e com base no sistema de cultivo adotado nos países onde é cultivada sugere-se o estudo da semeadura direta. Para isto, deve-se também testar o uso de herbicidas.

Recomenda-se o estudo do teor de umidade final no processo de secagem, como também o teor de umidade final para o armazenamento, observando-se os parâmetros obtidos neste estudo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADUCCI, S. & PRITONI, G., Effect of harvest date and cultivar on *C. intybus* yield components in north Italy **Industrial Crops and Products** **7** p.345-349, 1998.

APPLIED TECHNOLOGY, Converting chicory – not just a cup of coffee, **Dairy foods**, **94**, n.11, p.112, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO **Compêndio de Legislação de Alimentos** São Paulo: ABIA, 1989/1995.

BALBAA, S.I.; ZAKI, A.Y.; ABDEL-WAHAB, S.M.; EL-DENSHARY, E.S.M.; MOTAZZ-BELLAH, M. Preliminary phytochemical and pharmacological investigations of the roots of different varieties of *Cichorium intybus*. [Chicory] **Planta Medica**, **24** (2): 133-144, 1973.

BAERT, J.R.A. The effect of sowing and harvest date and cultivar on inulin yield and composition of chicory (*C. intybus* L.) roots **Industrial Crops and Products** **6** p.195-199, 1997.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**, Campinas editora da Unicamp, 278 p., 1995.

BHATIA, I.S.; MANN, S.K.; SINGH, R. Biochemical changes in the water-soluble carbohydrates during the development of chicory (*Cichorium intybus* Linn.) roots **Journal of Science Food and Agriculture**, **25** (5): 535-539, 1974.

- BOX, G.E.P.; DRAPPER, N.R. **Empirical Model-Building and Response Surfaces**, New York: John Wiley & Sons, 1987.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. e HALL, C.W. **Drying cereal Grains**. The AVI Publishing Company, 265p.9, 1988.
- BRUNS, R.E.; SCARMINIO, I.S.; NETO, B.B. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995, 299 p.
- BYRNE, M. A world of new food products. **Food engineering International** **22** (2) p. 36-38, 40,42,47-48, 50,52, 1997.
- BYRNE, M. Fresh ideas from around the world. **Food engineering International** **23** (2) p. 29-30, 36, 38, 40, 42, 44, 1998.
- CÂNDIDO, L.M.B. & CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais: dietéticos** Livraria Varela, São Paulo, 1995.
- CARVALHO, M. A. M.; PINTO, M. M.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Inulin production by *Vernonia herbacea* as influenced by mineral fertilization and time of harvest **Revista Brasileira de Botânica**, **21** 3 45-50, 1998.
- CHAURASIA, B.D.; SIROHI, S.S.; CHOCHAN, J.S. Effect of harvesting period on the growth and yield of chicory (*C. intybus* L.) **Indian Journal of Agricultural Science**, **42** (12): 1132-1134, 1972.
- CHEN, C.S. Equilibrium moisture curves for biological materials. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, **14**(5): 924-26, 1971.

- CLAESSES, G., LAERE, A. VAN; Purification and properties of an inulinase from chicory root. (*C. intybus*) **Journal of plant physiology**, **136** (1) 35-39, 1990.
- COLLINS, C.H.; BRAGA, G.L.; BONATO, P.S. (ed.) **Introdução a métodos cromatográficos**. 4ª edição, Editora da Unicamp, 1990.
- COLLINS, M.; MCCOY J. E. Chicory productivity, forage quality, and response to nitrogen fertilization **Agronomy journal**, **89**: 232-238, March-April 1997.
- CORNEJO, F.E.P. **Estudos dos parâmetros de secagem e construção de um secador de baixo custo para filés salgados de pescado**. Campinas, 86 p. (Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP), 1987.
- COUSSEMENT, P.; FRANCK, A. New food applications for inulin. **Agro-food-Industry Hi-Tech** **9**(3) p. 26-28, 1998.
- CYR, D.R.; BEWLEY, J.D.; DUMBROFF, E.B. Seasonal dynamics of carbohydrate and nitrogenous components in the roots of perennial weeds. **Plant Cell and Environment** **13**(4): 359-366, 1990.
- DEMEULEMEESTER, M.A.C.; VERDOODT, V. e DE PROFT, M.P. Interaction between physiological age and cold treatment on the composition and concentration of carbohydrates in chicory roots (*C. intybus* L.) **Journal of Plant Physiology** **153** 437-445, 1998.
- D'EECKENBRUGGE, G.C.; HERCK, J.C. VAN; DUTILLEUL, P. Study of fructose yields components in chicory. **Plant Breeding**, **102** (4) 296-301, 1989.

- DUTILLEUL-P; HERCK-JC-VAN; COPPENS-D'EECKENBRUGGE-G; VAN-HERCK-JC Multivariate analysis of the parameters associated with inulin yield and purity of industrial chicory (*Cichorium intybus* L.). **Revue-de-l'Agriculture**, **43**: 4, 539-547, 1990.
- ERNST-M; CHATTERTON-N-J; HARRISON, P.A.; Carbohydrate changes in chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*) during growth and storage. **Scientia Horticulturae** (Amsterdam) **63**(3-4): 251-261, 1995.
- FIALA, V.; JOLIVET, E. The aptitude of roots of witloof chicory for chicon production studied by their carbohydrate composition. **Scientia Horticulturae**, **13** 125 – 134, 1980.
- FIGUEIRA, G.M.; ALONSO, L..F. T.; PARK, K. J.; HONÓRIO, S. L. Witloof Sorption Isotherms (*C. intybus*): experimental determination and mathematical modeling. **Lebesm. Wiss. u. Technol**, 1999 (no prelo).
- FORTES, M. e OKOS, M.R. Drying Teories: their bases and limitations as applied to foods and grains. In: MUNJUNDAR, A.S. **Advances in Drying**. USA Ed. Science Press p. 119-150, 1980.
- FRANCK-A Raftiline R - more than just a fat substitute. **DMZ,- Lebensmittelindustrie-und-Milchwirtschaft.**, **116**: 21, 1038-1042, 1995.
- FRESE, L.; DAMBROTH, M. Research on the genetic resources of inulin containing chicory (*Cichorium intybus*). **Plant Breeding** **99**(4): 308-317, 1987.
- FRESE-L; DAMBROTH-M; BRAMM-A Breeding potential of root chicory (*C. intybus* L. var. *sativum*). **Plant Breeding**, **106**: 2, 107-113, 1991.

- FUCHS, A. Potentials for Non-food utilization of fructose and inulin **Starch** **39**: 10 p.335-343, 1987.
- FURLENMEIER, M. **Plantas curativas y sus propiedades medicinales**. Editorial Schwitler S.A. p. 66-67, 1978.
- GIANQUINTO, G. by E PIMPINI, F. The influence of temperature on growth, bolting and yield of chicory cv. Rosso di Chioggia (*C. intybus* L.) **Journal of Horticultural Science** **64** (6) 687-695, 1989.
- GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions **Journal of research of the national Bureau of standards – A. Physics and Chemistry** Vol. **81 A**, 1 Jan/Feb p. 89-96, 1977.
- GROOTWASSINK, J.W.D. e FLEMING, S.E. **Non-specific β -fructofuranosidase (inulase) from *Kluyveromyces fragilis*: batch and continuous fermentation, simple recovery method and some industrial properties**. **Enzyme Microbiology Technology** **2**: 45-53, 1980.
- HENDRY, G. A. Evolutionary origins and natural functions of fructans – climatological, biogeographic and mechanistic appraisal **New phytologist** **123**, 3-14, 1993.
- HIDAKA, H.; HIRAYAMA, M. Useful characteristics and commercial applications of fructo-oligosaccharides. **Biochemical Society Transactions**, **19**: 561-565, 1991.
- IGLESIAS, H.A.; CHIRIFE, J. An empirical equation for fitting water sorption isotherms of fruits and related products. **J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.** , **11(1)**: 12-5, 1978.

- JONES, L. Forage chicory at a site in southeast England. **The Society (24)** p. 67-69, 1990.
- KOCH, K., ANDERSSON, R., RYDBERG, I., AMAN, P. Influence of harvest date on inulin chain length distribution and sugar profile for six chicory (*C. intybus* L.) cultivars **Journal of the Science of Food and Agriculture 79**: 1503-1506, 1999.
- KOUL, B.L., KANWAR, H.S. E NEGI, C.P. Performance of two chicory (*Cichorium intybus*) introductions in Kinnaur district of Himachal Pradesh **Indian Journal of Agricultural Sciences 65** (11): 816-7, 1995.
- LABUZA, T.P.; "Sorption phenomena in foods."; **Food Technology, 22**(3), p.263-272 , 1986.
- LIMAMI, A., ROUX, L., LAVILLE, J., ROUX, Y.; Dynamics of nitrogen compounds in the chicory (*Cichorium intybus* L.) tuberised tap root during the growing season and cold storage period. **Journal of Plant Physiology 141** pp. 263 – 268, 1993.
- LOMAURO, C.J.; BASKI. A.S.; LABUZA, T.P.; "Moisture transfer properties of dry and semimoist foods.", **J. of Food Science, No.50**, p.397-400, 1985.
- LOPES FILHO, J.F. **Propriedades Térmicas e Características de secagem de batata**. Viçosa. UFV, 1983.43 p. Tese. (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) Faculdade de engenharia de alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- LOUANT, B.P.; BOCHKOLTZ-MAUFROID, C.; PLUMIER, W. New prospects for the improvement of witloof chicory (*Cichorium intybus* L.) [Selection, genetics] **Revue-de-l'Agriculture de Bruxelles**, Jan/Feb, **31** (1): 5-19, 1978.

- MATHSOFT, Inc. Splus 4. **Guide to Statistics**. Data analysis Products Division. Seattle Washington, 876 p., 1997.
- MEHTA, H.M., CHAVDA, J.R. E PATEL, J.R. **Effect of methods of sowing and weed management on yield of chicory (*C. intybus*)** Indian J. of Agron. **40** (1) 147-149, 1995.
- MEIJER, W.J.M.; MATHIJSEN, E.W.J.M.; GELDER, W.M.J. VAN; Experimental and simulated production of inulin by chicory and Jerusalem artichoke. **Industrial-Crops-and-Products 1**: 2-4, 175-183, 1992.
- MERSIE, W.; ELLIOTT, J.; Selectivity of pronamide and trifluralin in Belgian endive (*Cichorium intybus*). **Weed technology 7**(1): 226-229, 1993.
- PATEL, B.S.; BAREVIDIA, T.N.; PATEL, J.C.; BALDHA, N.M.; Response of chicory to different fertility levels. **Indian Journal of Agronomy 35** (3) 319-320, 1990.
- PIO CORREA, M. Dicionário das plantas úteis do Brasil, v. 2 229-229, 1942.
- PRINSLOO, G. C.; BAARD, S. W.; FERREIRA, J. F. Organisms associated with black root rot of chicory in South Africa. **Phytophylactica 23**(1): 59-68, 1991.
- PRINSLOO, G. C.; BAARD, S. W.; FERREIRA, J. F. Biotic and abiotic causes of stubby root in chicory. **Phytophylactica 24**(2): 199-205, 1992.
- PRINSLOO, G. C.; BAARD, S.W.; FERREIRA, J.F. Resistance of chicory and endive to black root rot and the effect of their exudates on *Thielaviopsis basicola*. **Phytophylactica 25**(2): 107-114, 1993.

- PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenagem de Grãos**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, 603p., 1986.
- REES, S.B.; HARBORNE, J.B. The role of sesquiterpene lactones and phenolics in the chemical defense of the chicory plant (*Cichorium intybus*). **Phytochemistry** **24**(10): 2225-2232, 1985.
- ROA, G.; ROSSI. S.J. ; “Determinação experimental de curvas de teor de umidade de equilíbrio mediante a medição de umidade relativa de equilíbrio.”; **Revista Brasileira de Armazenamento**, **2**, No.2, p.17-22, 1977.
- RUTHERFORD P. P. AND WESTON E. W. Carbohydrate changes during cold storage of some inulin-containing roots and tubers **Phytochemistry**, **7** pp. 175 – 180, 1968.
- SAH, R.N., GEMG S., PURI, Y.P., RUBATZKY, V.E.; Evaluation of four crops for nitrogen utilization and carbohydrate yield. **Fertilizer Research** **13** (11) 55-70, 1987.
- SCHITTENHELM, S. Agronomic performance of root chicory, Jerusalem artichoke, and sugarbeet in stress and nonstress environments **Crop science** **39** 1815-1823, 1999.
- SILVA, R.F. Use of inulin as a natural texture modifier **Cereal foods world** **41** (10) 792-795, 1996.
- SINGH-ARYA, P.; SAINI, S.S. ‘Kalpa Sel 1’ chicory. An ideal flavoring agent for coffee. **Indian-Horticulturae**. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research. Jan/Mar **28** (4) p. 55-56, 1984.

- STEINMAYR, W. Cultivation of Chicory **SAREA' Manual**, 16p., 1996.
- TAN, Z. Y. E COREY, K. A. Technique for improving marketable yield and quality of hydroponically forced witloof chicory. **Hortscience** **25**(11): 1396-1398, 1990
- VAN DEN BERG, C. Description of water activity of foods for engineering purposes by means of the GAB model of sorption. In: **Engineering and Food, v.1**, B.M. Mckenna, ed., Elsevier Applied Science, London, p.311-21, 1984.
- YAMAZAKI, H.; MODLER, H.W.; JONES, J.D.; ELLIOT, J.I. Process for preparing flour from Jerusalem artichoke tubers **US patent** 3/10/1989.
- YANDELL, B.S. **Text in Statistical Science** Practical data analysis for designed Experiments University of Wisconsin USA 437 p., 1997.
- WAES, C.V., BAERT, J., CARLIER, L., BOCKSTAELE, E.V. A rapid determination of the total sugar content and average inulin chain length in roots of chicory (*C. intybus* L.) **Journal of science food and agriculture**, **76**, 107-110, 1998.
- WESTERDIJK,C.E. Cichorei Verslag van vier jaar teeltonderzoek **PAV/SENSUS publication**.78pp Holanda, 1996.
- WESTERDIJK,C.E. **Chicory (Cichorium intybus L. var. Sativus) for inulin production**. Agro-food-Industry Hi-Tech Jan/Feb p. 5-6, 1997.

SUMMARY

The inulin is a major storage carbohydrate found in roots and tubers of several plants of the Asteraceae and Graminae families among others. In order to establish cultivation techniques for such species, a series of studies were conducted between 1996 and 1998 at CPQBA - UNICAMP, city of Paulínia, São Paulo, Brazil.

The studies included: effect of sowing season, fertilization and planting density; determination of inulin content during plant growth and storage under different conditions; determination of root humidity for drying conditions.

Seedlings were transplanted to an experimental field in two seasons, spring and fall. Two spacing and two fertilization programs were tested. Roots were harvested and weighted; root crop production and inulin content were analyzed by HPLC and compared between trials.

The studies showed the cultivation of *C. intybus* for root production and inulin extraction is feasible under similar conditions. Chicory can be cultivated both in spring and fall, with the same inulin production in both seasons. Spacing of 0,50mx0,25m should be adopted, due to larger plant population and higher productivity. Regarding fertilization, the studies confirmed information on the literature about low nutrient demand by the crop. A close follow up of inulin content during the season should be done, because of its variation along time, as well as each planting season. Maximum storage time should be 30 days at normal conditions and 45 days under refrigeration; after these periods the inulin content is severely affected. Enzymatic inactivation before drying is not necessary, and there is no statistical difference between the three drying temperature (60, 70 and 80 °C) tested.