Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 664.85.037.5

Исследование способов замораживания фруктов

Анисимова К.В., Протопопова К.А., Спиридонов А.Б., Ипатова А.Ф., Степанова Т.О.

Удмуртский государственный аграрный университет

Аннотация

Наиболее популярным способом сохранения вкусовых качеств и питательных элементов еды считается холод. При замораживании пищевых продуктов тканевая жидкость, содержащаяся в продукте, превращается в лед вследствие понижения температуры ниже криоскопической точки. Режимы замораживания предусматривают оптимальное сочетание температуры, скорости охлаждающей среды и продолжительности процессов замораживания. Цель исследования – анализ существующих способов мгновенного замораживания для выявления наиболее эффективного по критериям продолжительности процесса и качества продукта. Объектом исследования являлся апельсин. Для оценки перспективности использования каждого метода замораживание осуществлялось серией однофакторных экспериментов в трехкратной повторности. Проводились замеры параметров замораживания: температура в центре продукта и продолжительность процесса. Контроль температуры осуществлялся термопарами. Оценка качества замороженных изделий производилась по органолептическим характеристикам: структура, консистенция, цвет. Замораживание в условиях конвективного теплообмена не позволяет обеспечить сохранность органолептических показателей продукта в полной мере. В связи с этим возникла необходимость проведения анализа существующих способов замораживания. Для длительного хранения сырья достаточно поддерживать в них температуру минус 18 °С, что и определило конечную температуру продукта в исследованиях.

Ключевые слова: КРИОГЕННОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ, ШОКОВОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ, УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ, АПЕЛЬСИН, ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ, ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Введение

Наиболее популярным способом сохранения вкусовых качеств и питательных элементов еды считается холод. При замораживании пищевых продуктов тканевая жидкость, содержащаяся в продукте, превращается в лед вследствие понижения температуры ниже криоскопической точки. Режимы замораживания предусматривают оптимальное сочетание температуры, скорости охлаждающей среды и продолжительности процессов замораживания [1].

Замораживание в условиях конвективного теплообмена не позволяет обеспечить сохранность органолептических показателей продукта в полной мере. В связи с этим возникла необходимость проведения анализа существующих способов замораживания [2]. Для длительного хранения ягод достаточно поддерживать в них температуру минус 18 °С, что и определило конечную температуру продукта в исследованиях.

Цель исследования – анализ существующих способов мгновенного замораживания для выявления наиболее эффективного по критериям продолжительности процесса и качества продукта.

Условия, материалы и методы исследования

Исследования проводились в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА в рамках хоздоговорной темы № 57/21 Исследование интенсификации процесса замораживания пищевых продуктов» от 30 ноября 2021 г.

Объектом исследования являлся апельсин.

Заморозка осуществлялась серией однофакторных экспериментов в трехкратной повторности в два этапа для оценки перспективности использования каждого метода замораживания. На первом этапе проводились предварительные замеры параметров замораживания – температура в толще продукта и время кристаллизации [3, 4].

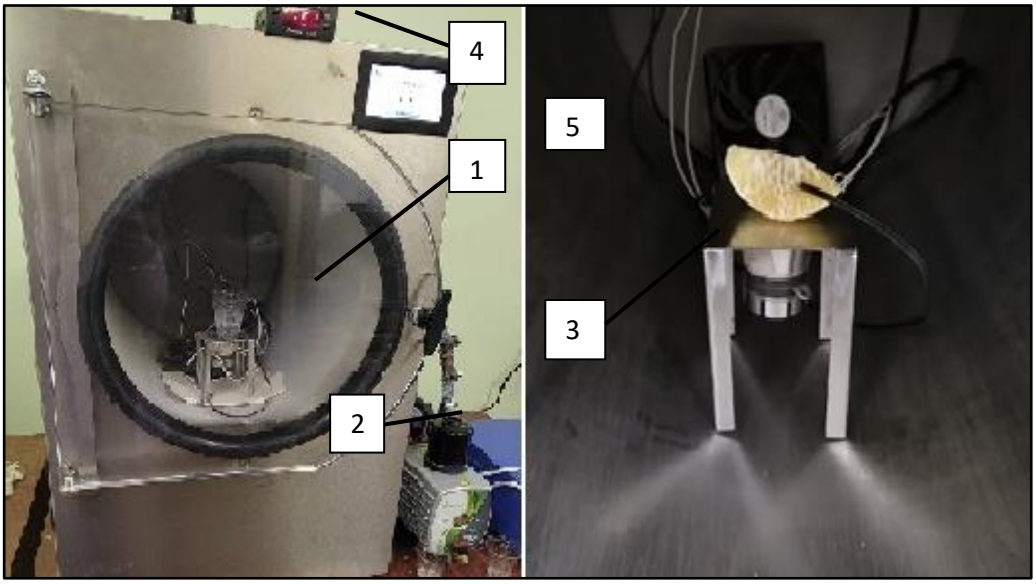

Рис. 1. Лабораторная установка для замораживания
Примечание: 1 – рабочая камера, 2 – вакуумный насосVacuumPump 6 CFM, 3 – пьезоэлектрический излучатель ЛУК-0,05/100-О, 4 –цифровой термометр с термопаройETC-961;5 – вентиляторEC8015H12B.

После предварительной оценки результаты уточнялись на втором этапе. Контроль температуры в толще продукта осуществлялся термопарой. Оценка качества замороженной продукции производилась по органолептическим характеристикам размороженного сырья, по количеству выделившегося сока.

Анализ и обсуждение результатов

Эксперименты выполнялись на лабораторной установке (рис. 1).

Для исследования были выбраны следующие способы заморозки:

1. замораживание в условиях конвективного теплообмена.

2. замораживание в условиях конвективного теплообмена с интенсификацией процесса фазового перехода ультразвуковыми колебаниями

3. вакуумная заморозка

4. вакуумная заморозка с интенсификацией процесса фазового перехода ультразвуковыми колебаниями

5. криогенное замораживание в среде углекислого газа

6. криогенное замораживание в среде углекислого газа с интенсификацией процесса фазового перехода ультразвуковыми колебаниями

При конвективном замораживании продукт помещался в рабочую камеру и охлаждался от 12^0С до минус 18^0С. При воздушном замораживании процесс осуществлялся за счет циркуляции холодного воздуха, температура в камере достигала минус 40^0С [5].

При вакуумном замораживании из камеры откачивался воздух вакуумным насосом до 53 Па, в результате происходило самозамораживание продукта.

Криогенное замораживание происходит следующим образом: сжиженный углекислый газ, попадая в зону атмосферного давления, мгновенно превращается в двухкомпонентную смесь, дисперсная фаза которой представляет собой углекислый газ, находящийся в твёрдом состоянии в виде хлопьев (сухой снег), а дисперсионная фаза – углекислый газ в газообразном состоянии. При этом температура этой смеси может достигать минус 78,5 °С. Передача теплоты с поверхности продукта также происходит за счёт естественной конвекции при её контакте с углекислым газом [6].

Для ограничения роста кристаллов льда, предложено в фазовом переходе ввести ультразвуковые колебания в лабораторную установку криогенного замораживания. Ультразвуковые волны увеличивают количество центров кристаллообразования, следовательно, обеспечивается равномерность заморозки.

Ультразвуковой генератор вырабатывает колебания с параметрами: $\nu \approx 880$ кГц; $I \leq 0{,}4$ Вт/см^2. Ультразвуковые колебания воздействует на апельсин до тех пор, пока температура в центре фрукта не приблизится к минус 5 °С. После этого генератор отключается, далее происходит процесс домораживания [7, 10].

Оценка перспективности использования методов замораживания производилась по скорости замораживания и по органолептическим характеристикам размороженного сырья (рис. 3, 5, 7).

На рис. 2 представлена кинетика конвективного теплообмена и конвективного теплообмена с воздействием ультразвуковых колебаний;

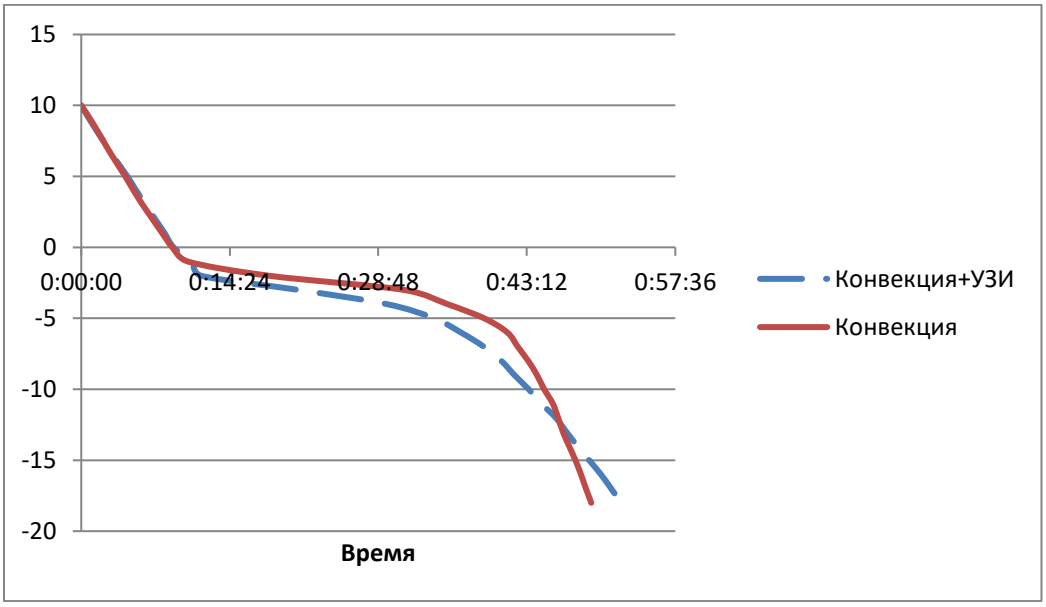

Рис. 2. Кинетика замораживания дольки апельсина

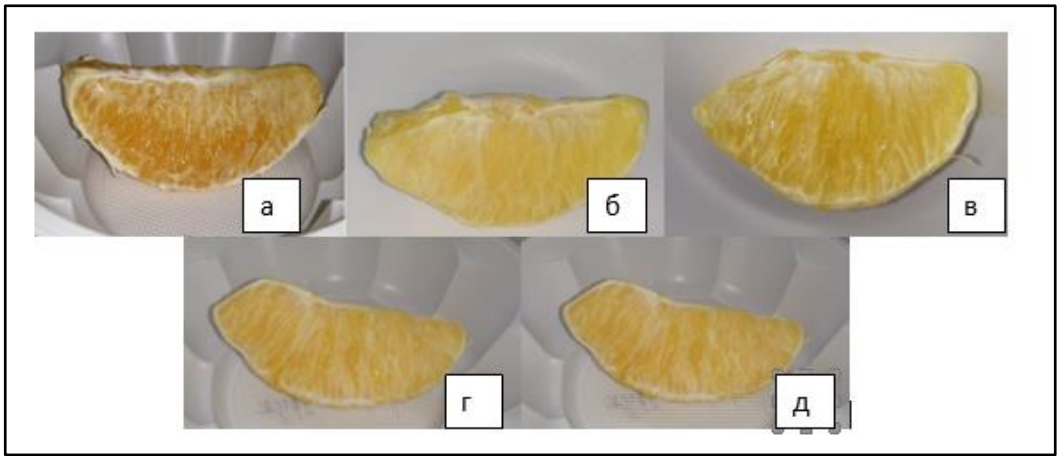

Рис. 3. Внешний вид апельсина при воздушном замораживании
Примечание: а – свежий, б – замороженный, в – размороженный, г – замороженный с УЗ, д – размороженный.

По данным графиков видно, что продолжительность замораживания в воздушной среде составляет 45 мин.

В результате оценки, выявлена потеря массы дольки апельсина, что объясняется вымораживанием влаги в продукте. Влага, содержащаяся в продукте, остается на стенках морозильной камеры. Недостатком данного способа замораживания является выделение значительного количества сока. Это обусловлено образованием крупных кристаллов льда, которые повреждают ткани продукта [8].

На рис. 4 показана кинетика вакуумного самозамораживания фрукта.

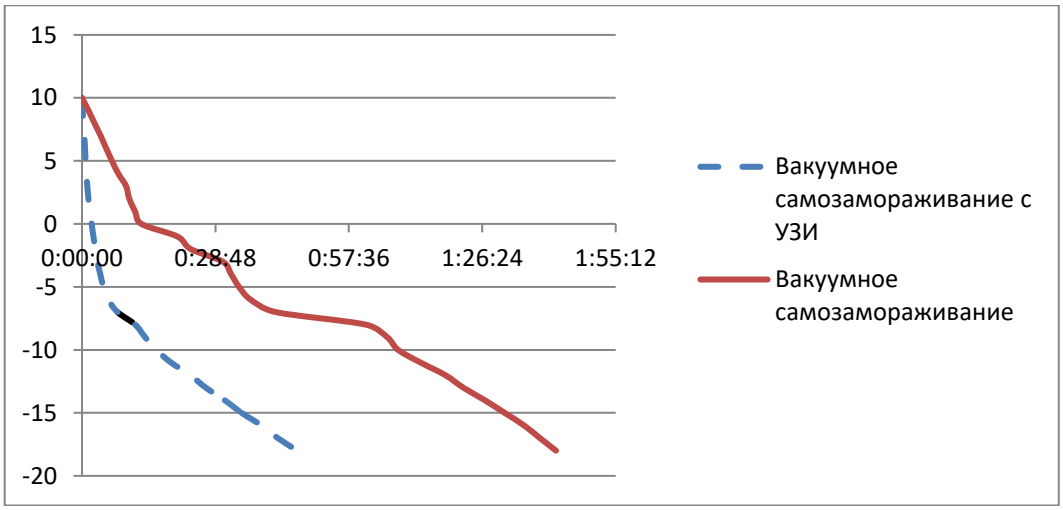

Рис. 4. Кинетика замораживания апельсина

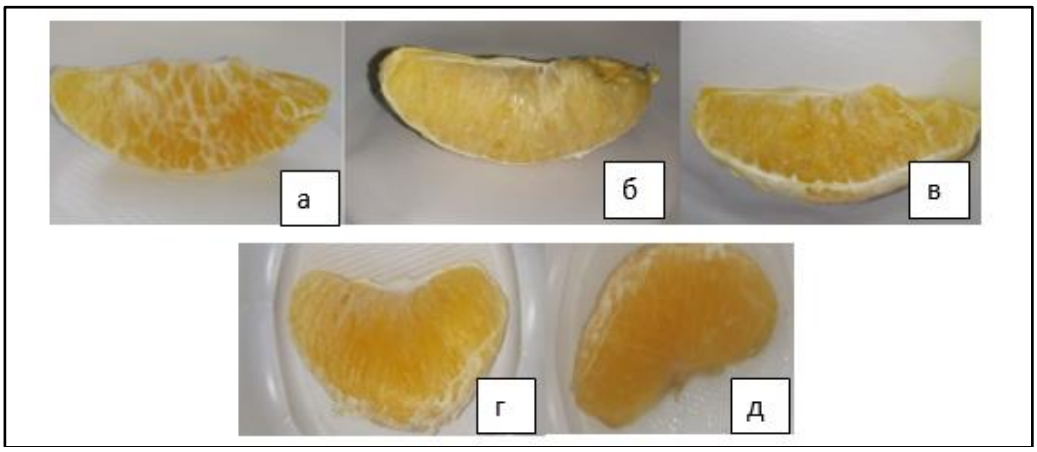

Рис. 5. Внешний вид апельсина, замороженного в вакууме

Примечание: а – свежий, б – замороженный, в – размороженный, г – замороженный с УЗ, д – размороженный.

По данным графиков видно, что продолжительность вакуумного самозамораживания составила 1 час 50 минут. Воздействие ультразвукового излучения на процесс сократило время в 2 раза.

Во время проведения эксперимента в вакууме наблюдалось бурление сока на поверхности апельсина. С понижением температуры данный процесс прекращается [9].

На рис. 6 показана кинетика замораживания фрукта в среде углекислого газа (CO_2) без ультразвуковых колебаний и с ними.

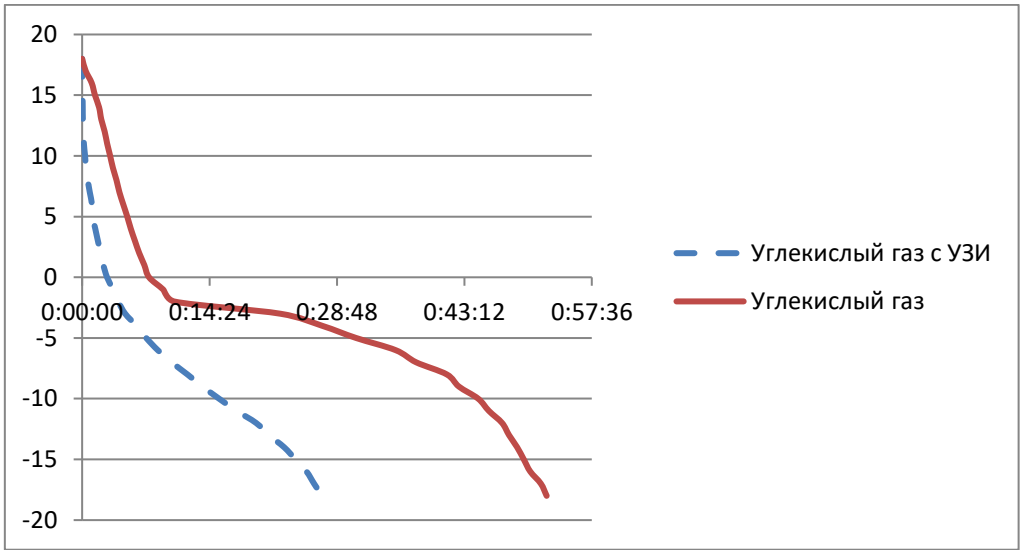

Рис. 6. Кинетика заморозки апельсина

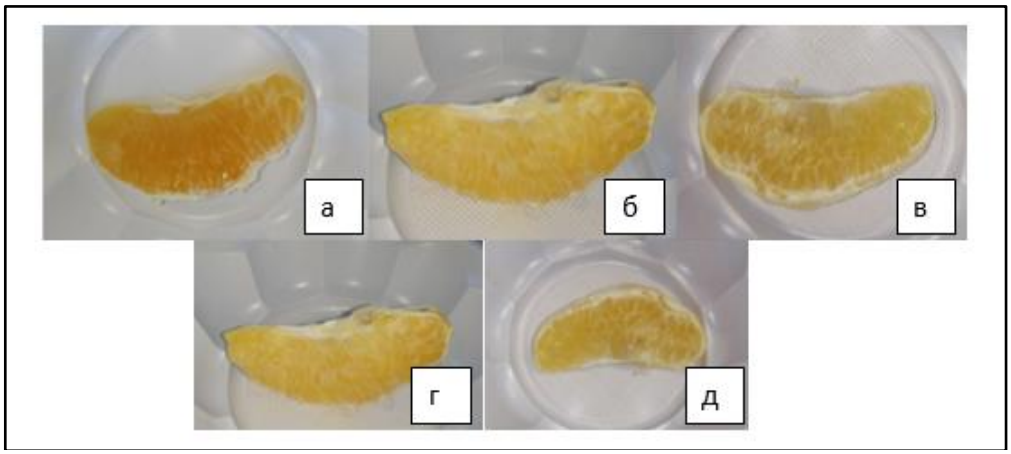

Рис. 7. Внешний вид апельсина замороженного в среде газа CO_2

Примечание: а – свежий, б – замороженный, в – размороженный, г – замороженный с УЗ, д – размороженный.

По данным графиков видно, что максимальная скорость замораживания в среде газа CO_2 с УЗИ– 27 мин, Процесс замораживания ускорилось в 2 раза.

При замораживании в среде двуокиси углерода качество продукта после размораживания сохраняется, выделение сока не наблюдается.

Выводы и рекомендации

Исходя из результатов проведенных исследований выявлено, что криогенное замораживание позволяет обеспечить более высокие органолептические характеристики

фрукта, как в замороженном, так и в размороженном состоянии, что объясняется размером формирующихся кристаллов льда. Для ограничения роста кристаллов, предложено в фазовом переходе ввести в процесс криогенного замораживания ультразвуковые колебания. Выбранные режимы криогенного замораживания в среде углекислого газа с интенсификацией фазового перехода являются рациональными, так как сокращается время заморозки и увеличивается количество центров кристаллизации, обеспечивая равномерное замерзание всей влаги.

Самым продолжительным по времени является эксперимент в вакууме. Качество продукта после размораживания практически не отличается от замораживания в воздушной среде.

Список использованных источников:

1. Жбанова Е.В., Денисова А.В., Лукъянчук И.В. Пригодность некоторых сортов земляники для замораживания // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2009. - № 11. - С. 16–18.

2. Анисимова К.В., Главатских Н.Г., Поробова О.Б., Копысова Т.С., Спиридонов А.Б. Экспериментальные исследования криогенного замораживания клубники. - В сборнике: Современные достижения селекции растений - производству. Материалы Национальной научно-практической конференции. Ижевск, 2021. - С. 14-17.

3. Kiurchev S., Verkholantseva V., Yeremenko O., Al-Nadzhar F. Researchandchangesinberriesusingtechnologyoffreezingduringstorage // Engineering for rural development. 19. Сер. "19th international scientific conference engineering for rural development, proceedings" – 2020. – P. 997-1002.

4. Рощина Е.В., Григорьева Р.З., Баранец С.Ю. и др. Шоковая заморозка булочных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья на предприятиях общественного питания // Техника и технология пищевых производств. - 2020. - № 3. - С. 439–449.

5. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., et al. Determinationofthedurationofspherical-shapedberriesfreezingundertheconditionsstationaryheatflow // Modern development paths of agricultural production: trend sand innovations. - Springer International Publishing - 2019. - P. 405–414.

6. Анисимова К.В., Рахматуллина Л.Р. Оценка органолептических показателей замороженной клубники // Совершенствование питания учащихся в современных условиях: материалы Республиканской научно-практической интернет-конференции

преподавателей и обучающихся, 28 апреля 2021 г. - Донецк: Донец. Нац. Ун-т экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, 2021. - С 64-68.

7. Ипатова А.Ф., Анисимова К.В. анализ кинетики замораживания апельсина // В сборнике: современное состояние и инновационные пути развития земледелия, мелиорации и защиты почв от эрозии/ Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, профессора Владимира Михайловича Холзакова и 75-летию кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Анатолия Ивановича Венчикова. Ижевск, 2022. - С. 147-151.

8. Анисимова К.В., Рахматуллина Л.Р. Замораживание пищевых продуктов с использованием ультразвука // Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы / Мат-лы нац. науч.-техн. конф., посвящ. 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин, агроинж. фак-та, 90-летию д. х. н., проф., заслуж. деятеля науки Удм. Респ. Г. А. Кораблева и 85-летию к. т. н., проф., заслуж. работника сельского хозяйства Удм. Респ., почет. работника высш. проф. обр-я РФ Б.Д. Зонова. - ФГБОУ ВО ИжГСХА. - 2020 - С. 249–251.

9. Korotkiy I.A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of black currant berries // Food sandraw materials. - 2014. - No. 2. - P. 3–14.

10. Методика проведения органолептического анализа Электронные методические указания. - Ижевск, 2023.

==========

Цитирование:

Анисимова К.В., Протопопова К.А., Спиридонов А.Б., Ипатова А.Ф., Степанова Т.О. Исследование способов замораживания фруктов [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_249.pdf.