بررسی کیفیت تبدیل شلتوک در دو حالت خشک کردن مستمر و همراه با استراحت دهی

علی قدرتی[۱]، داود کلانتری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

* ایمیل نویسنده مسئول: dkalantari2000@yahoo.com

چکیده

روش صحیح خشک کردن شلتوک و دقت در انجام این کار تأثیر زیادی بر کیفیت محصول و کاهش میزان ضایعات آن دارد. چنان چه در خشک کن های برنج کنترل لازم بر روی میزان رطوبت نهایی دانه صورت نپذیرد ممکن است کاهش بیش از حد رطوبت موجب افزایش تنش های داخلی، افزایش ترک و شکست دانه شلتوک شود. در همین راستا در کار تحقیقاتی حاضر زمان خشک شدن و درصد شکست دو رقم شلتوک طارم و جلودار در حالت خشک کردن به روش مستمر (روش متداول) و همچنین خشک کردن همراه با استراحت دهی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. زمان حرارت دهی در سه دمای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه و زمان استراحت دهی در سه حالت ۱، ۲ و ۴ ساعت تغییر یافت. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن از ۴۰ تا ۶۰ درجه سلسیوس، زمان خشک کردن شلتوک کاهش یافته اما به طور چشمگیری درصد شکست آن بالا می رود. به طوری که در حالت خشک کردن به روش مستمر، با افزایش دمای خشک کردن از ۴۰ به ۶۰ درجه سلسیوس، درصد شکست رقم طارم از ۳۶٪ به ۵۴٪ و برای رقم جلودار از ۴۰٪ به ۵۹٪ افزایش یافت. استراحت دهی مناسب در هنگام خشک کردن، راندمان زمان خشک کردن و کیفیت تبدیل برنج را به طور معنی داری افزایش داد.

کلمات کلیدی: استراحت دهی، درصد شکست دانه، جلودار، خشک کردن ، طارم

مقدمه

برنج از جمله محصولاتی است که بسته به رقم و رطوبت نسبی محیط، با رطوبت ۱۸ تا ۲۶ درصد بر پایه تر برداشت می شود که به منظور افزایش قابلیت نگهداری و یا امکان تبدیل آن به برنج سفید، باید رطوبت آن در کارخانه های شالی کوبی شمال کشور به زیر ۱۰ درصد کاهش داده می شود. برای خشک کردن این محصول، به خصوص در مناطقی با رطوبت نسبی بالا، از سیستم های خشک کن حرارتی استفاده می شود. بدین منظور جریان هوای گرم در بستر محصول عبور داده می شود تا سریع تر از رطوبت آن کاسته شود و به حد مورد نظر برسد. در مرحله خشک کردن، از گرما در تبخیر نمودن رطوبت دانه و از انتقال هوا در جابه جایی رطوبت تبخیر شده استفاده می شود. میزان خشک کردن با توجه به دانه، رطوبت اولیه آن، درجه حرارت و واریته مشخص می شود و میزان آن همچنین به درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی و حجم هوای عبوری از میان دانه ها بستگی دارد. زمانی که دانه برنج تحت تاثیر دمای زیاد قرار می گیرد شکست از قسمت داخلی مغز شروع شده و به صورت عمودی در طول محور دانه برنج گسترش پیدا می کند. این طور به نظر می آید که انتقال سریع رطوبت از مغز و اثر حرارت زیاد باعث ایجاد تنش زیاد و شکست دانه می شود. در مراحل اولیه خشک کردن شلتوک، آب آزاد در دانه وجود دارد و حرارت به راحتی صرف تبخیر آن خواهد شد. با تبخیر این آب، آب باقیمانده که در لابه لای دانه شلتوک به صورت حبس شده وجود دارد، به حرارت بیش تری برای آزاد شدن نیاز دارد(Bautista *et al*., 2000). از آنجایی که شدت تبخیر در سطح دانه در آغاز خشک کردن زیاد بوده و آب هنگام تبخیر شدن به اندازه حاصل ضرب جرم در گرمای نهان تبخیر گرما از سطح دانه می گیرد در نتیجه در ابتدای فرآیند خشک کردن دانه به جای آن که در اثر تبادل حرارت با عامل خشک کننده گرم شود، دمای دانه کاهش می یابد. به همین دلیل دمای هوای سطح دانه در چند ثانیه نخست خشک کردن به علت خروج گرما به صورت گرمای نهان تبخیر نسبت به دمای مرکز کاهش یافته که این کاهش دما در گام های زمانی بعدی در مرکز دانه اثر می کند و در چند ثانیه اول (کمتر از ۵۰ ثانیه) بین دمای سطح و مرکز دانه تفاوت دمایی محسوسی به وجود می آید که باعث ایجاد شیب و تنش حرارتی در دانه می شود. از آنجایی که این تفاوت در چند ثانیه اول بیش تر است در نتیجه شیب و تنش حرارتی نیز در چند ثانیه اول خشک کردن بیشتر است که این امر احتمال ایجاد ترک در دانه و پس از آن شکست را افزایش می دهد. با توجه به شدت گرم شدن و در نتیجه تنش حرارتی زیاد محصول در آغاز خشک کردن توصیه می شود که دمای لازم برای خشک کردن در آغاز کار کمتر باشد و به تدریج با گذشت زمان افزایش یابد(رفیعی و همکاران، ۱۳۸۱; Banaszek and Siebenmorgen, 1993). به طور کلی می توان گفت که دما به تنهایی نمی تواند باعث کاهش کیفیت برنج شود(۱۶). ترک بر اثر چروک شدن نابرابر آندوسپرم در نتیجه ازدست دادن غیر یکنواخت رطوبت در دانه به وجود می آید(Li *et al*., 1999). در ارتباط با شکنندگی نوع رقم می تواند تاثیر بسزایی داشته باشد، به طوری که برنج های دانه بلند نسبت به ارقام دانه متوسط مقاومت کششی و فشاری و ضریب کشسانی بیش تری را هنگام خروج رطوبت دارا می باشند (خوشحال و مینایی، ۱۳۸۰; Wiset *et al*., 2001).

اگر درجه حرارت مشعل ثابت باشد با افزایش رطوبت هوا روند کاهش رطوبت شلتوک کند می شود. با افزایش رطوبت هوا رطوبت تعادلی بین هوا و شلتوک نیز افزایش می یابد. در این حالت رطوبت شلتوک از رطوبت تعادلی کمتر بوده و در نتیجه شلتوک برای رسیدن به رطوبت تعادلی باید از هوا رطوبت جذب کند(Bautista *et al*., 2000). مقدار جذب رطوبت به دمای هوای اطراف دانه، رطوبت نسبی محیط و مقدار رطوبت داخلی دانه بستگی دارد (Elbert *et al*., 2001). با افزایش درجه حرارت مشعل رطوبت تعادلی کاهش می یابد و در نتیجه هوا از شلتوک رطوبت جذب می کند و هنگامی که رطوبت شلتوک به رطوبت تعادلی جدید می رسد جذب رطوبت متوقف می شود(صبوری، ص. ۱۳۸۱). اگر برنج سریع خشک شود فشار داخلی ایجاد شده در دانه باعث ترک خوردن و حتی شکستن دانه برنج خواهد شد(Cihan and Mehmet, 2001). مدت زمان استراحت بسیار متغیر است و بستگی به دمای مورد استفاده دارد. طی مرحله استراحت، هرچه از دمای بالاتری استفاده شده باشد دوره آن کوتاه تر است(Cnossen and Siebenmorgen, 2000). اما افزایش مدت زمان استراحت دهی می تواند منجر به افزایش درصد برنج سالم تولیدی گردد (Elbert et al., 2001). حداکثر کاهش مجاز رطوبت در یک مرحله ۶٪ است لیکن در بعضی از ارقام برنج به دلیل حساسیت به ایجاد ترک در دانه نمی توان در یک مرحله بیش از ٪ ۴رطوبت را کاهش داد (مینایی و همکاران،۱۳۸۴). از نظر میزان خرد شدن دانه، بیش ترین میزان در کف بستر و کمترین آن در سطح بستر مشاهده می شود که دلیل آن تنش حرارتی بیش تر در دانه های شلتوک نزدیک به کف خشک کن به علت تماس طولانی تر با هوای گرم است، بنابراین احتمال ترک در آنها افزایش می یابد(Cnossen and Siebenmorgen, 2000; Bonazzi *et al*.,1994).

با توجه به بررسی منابع انجام شده مشخص گردید که اثر توام دما و زمان خشک کردن بر میزان ترک خوردگی شلتوک موثر بوده و این دو عامل بیش ترین اثر را بر ترک خوردگی و شکست دانه نسبت به سایر پارامتر ها هم چون سرعت هوا و رطوبت اولیه محصول دارا می باشند. لذا در کار تحقیقاتی حاضر تاثیر عوامل دما و زمان خشک کردن در دو حالت خشک کردن مستمر و خشک کردن همراه با استراحت دهی بر روی ارقام طارم و جلودار مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در کار تحقیقاتی حاضر برای خشک کردن شلتوک از یک دستگاه خشک کن آزمایشگاهی که شامل یک المنت برای ایجاد گرما و تولید گرم خانه و یک محفظه ریلی مخصوص قرار گرفتن شلتوک بود، استفاده شد. المنت توسط یک کنتاکتور به ترموستات متصل شده که ترموستات قابلیت تنظیم دقیق دما و همچنین قدرت قطع و وصل کردن اتوماتیک المنت را دارد. همچنین از یک دستگاه رطوبت سنج دیجیتالی(Jmk-308-korea) که بر مقیاس درصد رطوبت وزنی می باشد برای اندازه گیری رطوبت نمونه در طول

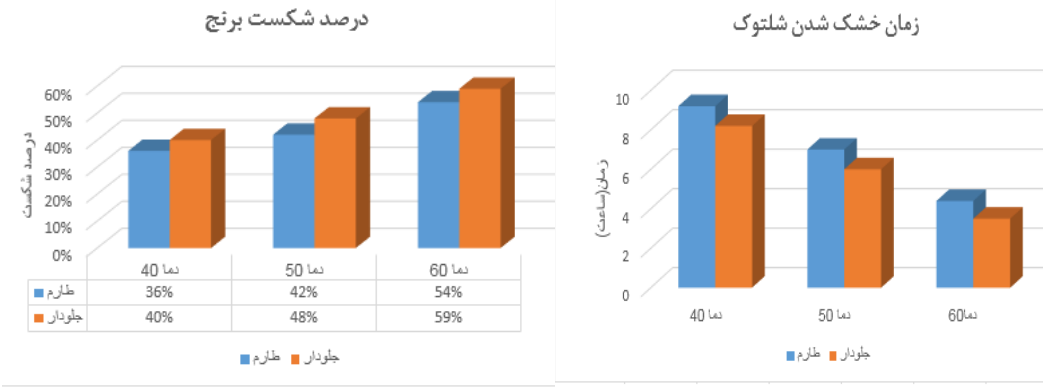
مدت زمان خشک شدن شلتوک و از یک ترازوی دیجیتال(AND-ek) با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ گرم و همچنین از یک دستگاه پوست کن آزمایشگاهی تبدیل شلتوک به برنج برای مشخص شدن میزان شکست دانه استفاده شد.

برای انجام آزمون ها از دو رقم شلتوک طارم و جلودار (رقم طارم دانه متوسط با کیفیت پخت عالی و رقم جلودار دانه بلند تغییر ژنتیک داده با کیفیت پخت متوسط می باشند) استفاده شد. رطوبت اولیه این ارقام بر پایه تر قبل از عملیات خشک کردن ۱±۲۱ درصد قرار گرفت. این آزمایش در سه دمای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد انجام شد. پس از روشن کردن و قرار دادن درجه دستگاه خشک کن روی دمای مورد نظر، نمونه شلتوک به اندازه ۵۰گرم (طوری که ضخامت لایه دانه در محفظه معادل ۳برابر عرض دانه برنج باشد) در محفظه مشخص شده قرار گرفت و حرارت دهی بر آن شروع شد. هر نیم ساعت رطوبت شلتوک توسط دستگاه رطوبت سنج مورد اندازه گیری قرار گرفت تا رطوبت نمونه به ۱±۹ درصد برسد. سپس المنت خاموش و مدت زمان سپری شده تا رسیدن به رطوبت ۱±۹ درصد محاسبه و به عنوان زمان خشک شدن شلتوک یادداشت گردید. پس از آن نمونه از خشک کن خارج و به مدت ۲ساعت استراحت داده شد تا به دما و رطوبت تعادلی مناسب برای تبدیل برسد. بعد از آن توسط دستگاه پوست کن آزمایشگاهی، شلتوک تبدیل به برنج شده و درصد برنج های شکسته در هر ۱۰۰ دانه برنج تعیین گردید تا درصد شکست برنج آن رقم بدست آید. تمام این مراحل برای بدست آوردن نتایج دقیق تر در ۳ تکرار انجام شد. در حالت دیگر که مرحله خشک کردن همراه با استراحت دهی می باشد، سیکل دستگاه همانند حالت بالا انجام شد، اما با این تفاوت که در سه فاصله رطوبتی المنت، به مدت مشخصی در طول عمل خشک شدن خاموش گردید (در این آزمایش استراحت دهی در سه زمان ۱ساعته، ۲ساعته و ۴ ساعته صورت پذیرفت). به این ترتیب که وقتی رطوبت از ۲۱به ۱۶ درصد رسید، برای انجام استراحت دهی المنت خاموش گردید. پس از سپری شدن زمان استراحت دهی، المنت دوباره روشن شد. وقتی از رطوبت ۱۶ به ۱۲ درصد رسید، دوباره فرایند خاموش و روشن شدن المنت حرارتی انجام شد تا این که رطوبت از ۱۲ به ۹ درصد رسید. پس از مرحله آخر نیز همین عمل استراحت دهی تکرار گردید. این عمل استراحت دهی سبب کاهش تنش رطوبتی و حرارتی در مرکز دانه(آندوسپرم) نسبت به سطح دانه گشته و باعث کاهش ترک و شکست دانه و افزایش انتقال سریعتر رطوبت از مرکز به سطح دانه و خشک شدن سریعتر دانه شلتوک می شود.

نتایج و بحث

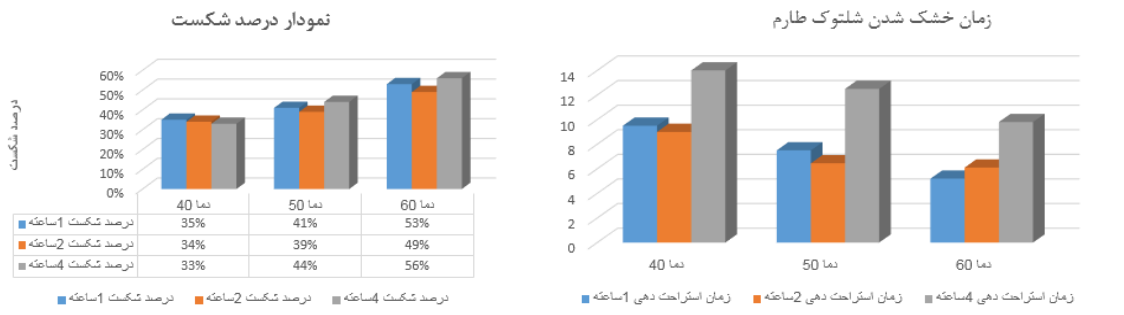
نتایج حاصل از داده های آزمایشگاهی مربوط به زمان خشک شدن و درصد شکست دانه دو رقم شلتوک طارم و جلودار برای حالت خشک کردن مستمر در سه دمای خشک کردن ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس در شکل ۱ نشان داده شده است. بررسی و مقایسه نمودارهای بدست آمده نشان می دهد که با افزایش دما، زمان خشک شدن کاهش یافته ولی در عین حال درصد شکست دانه

افزایش می یابد. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد که درصد شکست در ارقام دانه بلند بیشتر بوده و رقم جلودار بازده تبدیل کمتری نسبت به طارم دارا می باشد (شکل ۱). نتایج نشان داده شده در این شکل بیان می کند که هرچه دمای خشک کردن بالاتر انتخاب شود، زمان خشک شدن شلتوک نیز کاهش یافته اما به طور چشمگیری درصد شکست آن بالا می رود. به طوری که در حالت خشک کردن به روش مستمر، با افزایش دمای خشک کردن از ۴۰ به ۶۰ درجه سلسیوس، درصد شکست رقم طارم از ۳۶٪ به ۵۴٪ و برای رقم جلودار از ۴۰٪ به ۵۹٪ افزایش یافت.



شکل ۱- زمان خشک شدن و درصد شکست دو رقم طارم وجلودار نسبت به دما در خشک کردن مستمر

مدت زمان لازم برای خشک شدن (کاهش رطوبت از ۲۱٪ به ۹٪) دو رقم طارم و جلودار به همراه درصد شکست محصول در حالت خشک کردن با استراحت دهی در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج نشان داده شده در این شکل، در کلیه دماهای خشک کردن، افزایش زمان استراحت دهی به ۴ ساعت، درصد تبدیل شلتوک را به طور معنی داری افزایش نداد و این افزایش زمان استراحت دهی فقط موجب افزایش زمان کلی خشک شدن گردید. در عوض افزایش زمان استراحت دهی از ۱ ساعت به ۲ ساعت باعث بهبود زمان خشک شدن و درصد تبدیل شلتوک به برنج سفید در دماهای خشک کردن ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس گردید. به طور مثال افزایش زمان استراحت دهی از ۱ ساعت به ۲ ساعت در دمای خشک کردن ۵۰ درجه سلسیوس، مدت زمان لازم برای کاهش رطوبت از ۲۱٪ به ۹٪ را به میزان ۱۱٪ کاهش داد. در عین حال درصد شکست دانه نیز از ۴۱٪ به ۳۹٪ کاهش یافت (شکل ۲).



شکل ۲- زمان خشک شدن و درصد شکست دو رقم طارم وجلودار نسبت به دما در خشک کردن همراه با استراحت دهی

نکته قابل توجه نشان داده شده در شکل ۲ این است که افزایش مدت زمان استراحت دهی به ۴ ساعت نه تنها باعث بهبود عملکرد فرآیند خشک کردن شلتوک نشده بلکه باعث افزایش درصد شکست دانه نیز شده است. عبور از خط شیشه ای (Tg) در حالت استراحت دهی ۴ ساعته به دلیل مکث زیاد می تواند دلیل افزایش درصد شکست دانه در این وضعیت خشک کردن باشد.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر تاثیر عوامل دما و زمان خشک کردن در دو حالت خشک کردن مستمر و خشک کردن همراه با استراحت دهی بر روی ارقام طارم و جلودار مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق خشک کردن در دمای پایین نسبت به خشک کردن در دمای بالا دارای مزیت های قابل توجهی مانند یکنواختی خشک شدن شلتوک ها، به حداقل رسیدن ضایعات تبدیل شلتوک به برنج سفید و کیفیت خوب برنج تولیدی می باشد. افزایش دمای هوای خشک کن موجب افزایش معنی داری در میزان تولیدی برنج خرد دارد. علت این امر دفع سریع رطوبت شلتوک در دماهای بالاست که باعث ایجاد تنش ناگهانی کششی در سطح و تنش فشاری در مرکز دانه می شود. همچنین نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که روش خشک کردن چند مرحله ای بهترین روش جهت کاهش رطوبت شلتوک می باشد. در این روش راندمان خشک کن افزایش یافته و می توان از هوایی با دما و سرعت بالا نیز استفاده کرد. در خشک کردن چند مرحله ای در فاصله بین دو مرحله، رطوبت از بخش میانی دانه که دارای رطوبت بیش تری است به قسمت های سطحی و همچنین از دانه ای به دانه دیگر منتقل شده و در نتیجه رطوبت محصول یکنواخت تر خواهد شد. توقف عملیات خشک کردن برای مدت زمان مشخص و خشک کردن مجدد باعث یکنواختی هر چه بیش تر انتشار رطوبت از بخش مرکزی به سطح آن و افزایش گرادیان رطوبتی در سطح می شود. به عنوان یک نتیجه کلی دمای خشک کردن ۵۰ درجه سلسیوس به همراه ۱تا ۲ ساعت استراحت دهی برای خشک کردن ارقام طارم و جلودار توصیه می شود. در هر حالت خشک کردن درصد شکست رقم جلودار از طارم بیشتر بود.

منابع

تجددی طلب، ک . ۱۳۸۰. اثر خشک کردن چند مرحل های بر راندمان خشکانیدن، عملیات تبدیل و تعیین رطوبت بحرانی در شلتوک. طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات برنج کشور.

جهاندیده، ح.، ح . میرنظامی ضیابری و ر . هنرنژاد. ۱۳۷۷. بررسی کاهش ضایعات در مراحل تبدیل شلتوک به برنج سفید، مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۹ . شماره ۲، صفحه ۴۳۲-۴۲۳.

خوشحال، م.، س . مینایی. ۱۳۸۰. تعیین روابط بین پارامتر های موثر در فرآیند خشکانیدن شلتوک (برنج)به روش مداوم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،شماره۳، ص ۱۳۳-۱۲۳.

رفیعی، ش .، ت . توکلی هشجین و س . کاظم زاده حنانی . ۱۳۸۱. شبیه سازی دمای دانه شلتوک برنج رقم بینام در فرآیند خشک کردن به وسیله اجزاء محدود. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ۱۰ ، جلد ۳، ص ۱۴-۱۳.

صبوری، ص. ۱۳۸۱. ارتفاع مناسب خشک کردن شلتوک در خشک کن های خوابیده .طرح تحقیقاتی . موسسه تحقیقات برنج کشور.

مینایی، س .، غ . روحی و م . ر. علیزاده. ۱۳۸۴. بررسی عوامل موءثر بر ایجاد ترک و خرده برنج در اثر خشک کردن شلتوک طی فرآیند خشک کردن. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۶ شماره ۲۲، ص ۱۱۲-۹۷.

Abud-Archila, M., F. Courtois and C. Bonazzi. 2000. Processing quality of rough rice during drying - modelling of headrice yield versus moisture gradients and kernel temperature. Journal of Food Engineering, 45:161-169.

Banaszek, M. M., and T. J. Siebenmorgen. 1993. Individual rice kernel dying curves. Transaction of the ASAE, 36:(7).

Bautista, R. C., T. J. Siebenmorgen, and A. G. Cnossen. 2000 .Fissure formation in brown rice kernels observed with a video microscopy system. AAES Research Series, 224-237.

Bonazzi, C., F. Courtois and C. Geneste. 1994. Experimental study on the quality of rough rice related to drying conditions .Laboratoire de Technologie des Céréales. 2 place Viala, 34060 Montpellier. France.

Cihan A., and C. Mehmet. 2001. Liquid diffusion model for intermittent drying of rough rice. Journal of Food Eng, 49:327-331.

Cnossen, A. G., and T. J. Siebenmorgen. 2000. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering effect on milling quality. 43(6):1661-1667.

Elbert, G., M. Tolaba and C. Suarez. 2001. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. Journal of food eng. 47(1): 37-41.

Lee, K. W. 1979. Fissuring of the rice grain after heated air drying. Transactions of the ASAE, 22:1197-99.

Li, Y., C. Cao and Q. Yn. 1999. Study on rough rice fissuring during ntermittent drying. Dry Tech. 17(9): 1779-1793.

Wiset,L., G. Srzednicki and R. H. Driscoll. 2001. Effects of high temperature drying on rice quality. Agricultural Engineering International: Journal of Scientific Research and Development. Manuscript FP 01 003. Vol. III.